

ENCYCLOPÉDIE CHIMIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. FREMY

Membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique, directeur du Muséum
Membre du Conseil supérieur de l'instruction publique

PAR UNE RÉUNION

**D'ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DE PROFESSEURS ET D'INDUSTRIELS
ET NOTAMMENT DE**

MM. ARSON et AUDOUIN, ing. en chef des travaux chim. à la Compagnie parisienne du gaz
H. RECQUEBEL, répétiteur à l'École polytechnique; BERTHELOT, émérite, membre de l'Institut
BOULAIET, ing. dir. de la maison Christaë; M. BOURGEOIS, répétiteur à l'École polytechnique
BRESSON, ancien directeur des mines et mines de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État
BOURGOIN, professeur à l'École de pharmacie; BOUTAN, ingénieur des mines
CAMUS, directeur de la Compagnie du gaz; An. CARNOT, directeur des études de l'École des mines
CHARPENTIER (Paul), ingénieur-chimiste expert, essayeur à la Monnaie
CHASTAING, pharmacien en chef de la PHM; CLÈVE, prof. à l'Université d'Upsal; CUMENGE, ingén. en chef des mines
CURIE (J.), maître de conférences à la Faculté des sciences de Montpellier; DEBRAY, membre de l'Institut
DERÉRAIN, membre de l'Institut, professeur au Muséum
DITTE, professeur à la Faculté des sciences de Paris; DUBREUIL, président de la chambre de commerce à Limoges
DUCLAUX, prof. à l'Inst. agronom.; DUQUESNAY, ing. des manuf. de l'État; Du FORCGRAND, docteur ès sciences
FUCHS, ing. en chef des Mines; GARNIER, professeur à la Faculté de médecine de Nancy
GAUDIN, ancien élève de l'École polytechnique, prof. de chimie; GIRARD, directeur du laboratoire municipal
L. GODEFROY, professeur à l'École libre des hautes-études; L. GRUNER, inspecteur général des mines
Ch.-Er. GUIGNET, ancien élève et répétiteur à l'École polytechnique, professeur de chimie
GUNTZ, maître de confér. à la Fac. des sciences de Nancy; HENRIVAUX, direc. de la manuf. des glaces de Saint-Gobain
JOANNIS, maître de conférences à la Faculté des sciences de Bordeaux; JOLY, maître de conférences à la Sorbonne
JUNGFLEISCH, prof. à l'École de pharmacie; KOLB, administr. de la Société des manuf. des produits chimiques du Nord
LEIDIE, pharm. en chef de l'hôpital Necker; LEMOINE, ing. en ch. des ponts et chaussées, exam. à l'École polytechnique
LODIN, ing. en chef des mines; MALLARD, prof. à l'École des mines; MARGOTTET, prof. à la Faculté des sciences de Dijon
MARGUERITTE, prés. du conseil d'admin. de la compagnie paris. du gaz
MEUNIER (STANISLAS), aide-natur. au Muséum; MOISSAN, agrégé à l'Éc. de pharm.
MOUTIER, examinateur de sortie à l'École polytechnique
MUNTZ, professeur, directeur des laboratoires à l'Institut agronomique; NIVOIT, professe. à l'École des ponts et chaussées.
OGIER, dir. du laboratoire de toxicologie à la préfecture de police; PARST, chimiste principal au laboratoire municipal
PARMENTIER, professe. à la Faculté des sciences de Montpellier; PÉGRINEY, direct. des salines de produits chim. du midi
POMMIER, industriel; PORTES, pharm. en chef de l'hôpital de Larroque; PRUNIER, prof. à l'École de pharmacie
RIBAN, directeur du laboratoire de la Sorbonne; ROSWAG, ingénieur civil des Mines
ROUSSEAU, a.-dir. du laboratoire de chimie de la Sorbonne; SABATIER, prof. à la Faculté des sciences de Toulouse
SARRAU, professeur à l'École polytechnique; SCHLAGDENHAUFFEN, dir. de l'École de pharmacie de Nancy
SCHLESING, prof. en Conservatoire des arts et métiers; SOREL, ent. ingén. des manuf. de l'État
TERREIL, aide-naturaliste au Muséum; TERQUEM, professeur à la Faculté de Lille
URBAIN, répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures; VIEILLE, ing. des poudres et salpêtres
VILLIERS, agrégé à l'École de pharm.; VINCENT, prof. à l'École centrale; VIOLE, prof. à la Faculté des sciences de Lyon
VILLON, ingénieur chimiste; WICKERSHEIMER, ingénieur en chef des mines, etc.

TOME X — APPLICATIONS DE CHIMIE ORGANIQUE

LA CONSERVATION DES SUBSTANCES ALIMENTAIRES

Par **M. URBAIN**

Répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures.

PARIS

V^{VE} CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES,

49, Quai des Augustins, 49.

1892

Droits de traduction et de reproduction réservés.



LA CONSERVATION DES SUBSTANCES ALIMENTAIRES

Par M. URBAIN

Répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures.

La conservation des substances alimentaires est une question d'une importance considérable.

Elle permet en effet la répartition, dans toutes les parties du globe, des produits qui existent en certains points dans une proportion tout à fait exagérée par rapport à la population de ces pays.

Ainsi, les animaux de boucherie ne se rencontrent dans presque toute l'Europe qu'en quantité insuffisante et y sont par suite d'un prix élevé. Au contraire, l'Amérique du Sud, l'Australie, diverses régions de l'Asie nourrissent d'immenses troupeaux, paissant en liberté dans des herbages naturels, qui ne sont qu'en partie utilisés. Ne serait-il pas rationnel que ces contrées, qui regorgent de bétail, expédient ces richesses, improductives pour elles, aux pays qui en sont privés?

La réalisation de cette idée si simple n'exige qu'un procédé de conservation des viandes pratique et économique.

D'autre part, les conserves alimentaires sont d'une utilité indispensable à bord des navires, pendant les traversées maritimes, pour la nourriture des équipages et des passagers, aussi bien que pour l'entretien des armées en campagne et le ravitaillement des places fortes.

L'art de préparer les conserves alimentaires répond, comme on le voit, à toutes sortes de nécessités sociales. On comprend dès lors l'importance très grande que la fabrication de ces conserves présente dans l'industrie actuelle.

L'utilité incontestable de ces conserves explique également pourquoi leur préparation est fort ancienne.

Homère et Hésiode, les plus anciens écrivains connus, nous apprennent que dix siècles avant Jésus-Christ, on savait conserver les viandes et les poissons à l'aide du sel marin. Hérodote affirme que les Égyptiens opéraient de même.

Les Romains nommaient *salsamentarii* les ouvriers qui salaient les animaux pour les conserver.

Depuis très longtemps, on connaît également la conservation des viandes par la dessiccation.

D'après un historien latin, Xiphilin, les Gaulois, habitants de l'Armorique, se nourrissaient pendant leurs guerres de chair desséchée et pulvérisée.

Les anciens Tartares, les Mongols, les Kalmoueks et même les Chinois faisaient également usage de viande desséchée qu'ils faisaient venir d'Astrakan.

On connaît aujourd'hui un grand nombre de procédés permettant de préparer les conserves alimentaires. Avant de les décrire et afin de faire comprendre les précautions que comportent les opérations dans le détail desquelles nous aurons à entrer, nous commencerons par indiquer les principes qui doivent servir de base à ces divers procédés.

Principes sur lesquels reposent les procédés de conservation des substances alimentaires.

La plupart des substances animales et végétales qui ont cessé de vivre s'altèrent plus ou moins rapidement au contact de l'air atmosphérique, surtout lorsqu'il est chaud et humide.

Cette altération spontanée est désignée sous les noms de *putréfaction*, de *pourriture* ou de *fermentation*. Elle a pour effets de transformer les principes immédiats qui constituent les substances organiques en de nouveaux composés de constitution plus simple.

Ce sont, pour les matières animales, des produits fixes, comme la leucine, le glycocolle, la tyrosine, la butalanine, la sepsine, etc., des produits volatils, comme le phénol, l'indol, le scatol, et des produits gazeux comme l'azote, l'hydrogène sulfuré, les hydrogènes carbonés, l'hydrogène phosphoré, l'ammoniaque.

Aussi la putréfaction des matières azotées est-elle caractérisée par une odeur extrêmement fétide et repoussante.

Le résultat final de la putréfaction est de restituer à l'atmosphère et au sol les éléments chimiques qui entraient dans la composition des matières organiques.

Les travaux de M. Pasteur et de ses élèves (1) ont prouvé que ces altérations successives des substances organiques sont la conséquence de la prolifération aux dépens de ces substances, de nombreux organismes, dont les germes ont été apportés par l'air. Ces germes, ayant rencontré là un milieu favorable, s'y sont développés.

Ainsi les transformations subies par les matières en putréfaction sont corrélatives du développement, dans l'intérieur de ces substances, d'un ou de plusieurs ferments spécifiques.

Ces ferments, ces organismes, dans les matières en putréfaction, avaient été entrevus il y a bien des années; mais les expériences de M. Pasteur nous permettent aujourd'hui d'affirmer que ce n'est pas parce qu'elles se putréfient que

(1) Voir dans cette Encyclopédie la *Chimie biologique*, par M. Duclaux.

ces matières renferment des ferments, comme on le croyait jadis, mais qu'elles se putréfient parce qu'elles contiennent des ferments vivants.

La conséquence que nous devons tirer de ces considérations capitales est que, si nous voulons préserver une substance organique de toute altération, il nous faut tuer les germes dont elle est nécessairement recouverte par suite de son contact plus ou moins prolongé avec l'air atmosphérique, ou au moins placer cette substance dans des conditions telles que ces germes ne puissent se développer.

Or, l'expérience prouve que les conditions d'existence des êtres microscopiques sont à très peu près celles des animaux et des végétaux supérieurs. Nous allons passer en revue ces conditions.

Dessiccation. — La vie des ferments exige la présence d'une certaine quantité d'eau. Elle est impossible sur des corps parfaitement desséchés. La conservation de la colle forte, du foin, des momies, etc., repose sur ce fait.

Au lieu de dessécher les matières que l'on veut conserver, on peut encore les mélanger avec une quantité convenable de sel marin ou de sucre, ou encore de certaines substances, dites antiseptiques.

On peut expliquer l'efficacité du sel et du sucre en admettant qu'ils absorbent l'humidité de la matière organique en raison de leur affinité pour l'eau, ce qui produirait un effet analogue à la dessiccation.

Antiseptiques. — Quant aux substances antiseptiques, ce sont de véritables poisons qui arrêtent le développement des ferments.

Lorsqu'il s'agit de la conservation des substances alimentaires, l'emploi des antiseptiques est assez délicat : il faut qu'ils soient capables de tuer ou de paralyser les ferments vivants que renferment les matières organiques, sans qu'ils puissent nuire aux personnes qui consommeront ces aliments.

Les antiseptiques qui paraissent satisfaire à cette condition sont :

L'acide borique et le borax. — La viande se conserve très bien dans une solution de borax à 5 p. 100, et il paraît démontré que ce sel est parfaitement toléré par l'organisme humain.

On vend maintenant un sel, dit *de conserve*, où le borate de soude entre pour moitié et dont le Comité consultatif d'hygiène a accepté l'emploi pour la conservation des denrées alimentaires.

Le phénol ou acide phénique. — A des doses de 1 à 5 p. 100, le phénol peut arrêter la multiplication des bactéries dans un liquide déjà envahi, mais cet effet n'est pas durable.

En proportion plus faible, il n'a aucune action sur l'évolution des microbes dans une matière en putréfaction, mais il peut s'opposer à un premier développement et empêcher la décomposition de la matière organique à laquelle il est mélangé.

L'acide salicylique. — Cet acide, de même que le phénol, est un agent préventif de l'invasion des microbes. Sa saveur faible, son odeur à peine perceptible, en ont fait un agent de conservation très préconisé des substances alimentaires.

Toutefois on doit se montrer très circonspect dans l'emploi de cet agent, aussi bien que dans celui du phénol, car si ces corps agissent sur les cellules des ferments, il y a beaucoup de chances pour qu'ils agissent aussi sur les cellules de l'organisme quand ils arriveront à leur contact. Il peut donc y avoir inconvénient pour l'homme à absorber des doses un peu notables de ces produits, surtout si leur élimination naturelle par les urines se fait mal, comme cela arrive chez les gouteux, les graveleux et les albuminuriques.

L'acide sulfureux. — Cet acide est un des premiers antiseptiques connus. Il paraît avoir une action toxique sur la plupart des spores. D'un autre côté, lorsqu'il agit en présence de l'eau, de nouvelles influences peuvent intervenir. Par suite de sa grande affinité pour l'oxygène, il absorbe ce gaz qui se trouve en dissolution dans les liquides organiques ou à leur contact et y paralyse le développement des organismes qui ont besoin d'oxygène, tels que les levures et les mucédinées. Puis, en passant à l'état d'acide sulfurique dans le milieu où il a été introduit, il donne à ce dernier une réaction acide qui gêne les bactéries et les vibrions, lesquels se plaisent dans les liquides neutres ou alcalins.

Ces influences rendent bien compte de l'action généralement très efficace de l'acide sulfureux.

Chaleur. — Au delà d'une certaine température, aucun être vivant ne peut subsister. Les organismes, qui sont la cause de la putréfaction, ne font pas exception à cette règle.

C'est en s'appuyant sur cette action de la chaleur que M. Pasteur, dans ses mémorables expériences, a obtenu des liquides stériles, c'est-à-dire dans lesquels tous les germes avaient été tués.

Toutefois certains de ces germes témoignent d'une résistance extraordinaire à l'influence de la chaleur.

Pour tuer les germes, l'expérience a prouvé qu'il fallait les soumettre à une température de 140 à 150 degrés, maintenue au moins 5 minutes, lorsque la substance qui contient ces germes est sèche.

Si au lieu de la chaleur sèche on emploie la chaleur humide, il n'est plus nécessaire d'atteindre une chaleur aussi élevée.

On admet qu'une température de 100 à 105 degrés, prolongée pendant 10 à 15 minutes, suffit pour stériliser complètement un liquide ou une substance humide.

On comprend que, si cette température de 105 degrés est mortelle pour les germes et *a fortiori* pour les organismes déjà développés, ceux-ci se trouvent déjà dans des conditions peu favorables à leur multiplication à des températures très notablement inférieures à 105 degrés.

Chaque organisme a une température de prédilection à laquelle sa multiplication est la plus rapide et où son évolution complète s'accomplit dans le minimum de temps. Cette température, qui d'ailleurs est variable d'une espèce à l'autre,

oscille entre 25 et 38 degrés. A partir de ce point, soit que la température s'élève, soit qu'elle s'abaisse, la faculté de proliférer que possédait l'organisme va diminuant; de sorte qu'à une certaine distance de la température en question, cette faculté se trouve absolument suspendue : l'organisme se trouve comme paralysé.

Froid. — Nous venons de voir qu'un froid suffisamment intense arrête complètement le développement des germes.

Ce fait est bien démontré par la découverte que fit, en 1799, le voyageur Pallas, sur les bords de la mer Glaciale, près de l'embouchure de la Léna, d'un cadavre de mastodonte parfaitement conservé. Cet animal antédiluvien, qui était enfoui dans les glaces depuis des centaines de siècles, avait gardé ses chairs et sa fourrure intactes.

De nombreuses expériences récentes ont montré que le froid a pour effet, non de tuer les germes, mais de les immobiliser, de paralyser leur action.

Pour tuer les germes, il faudrait les soumettre à des températures extrêmement basses. Plusieurs résistent parfaitement à un froid de 50 degrés au-dessous de zéro.

Conclusions. — Il résulte des considérations précédentes que l'on pourra assurer la conservation des substances alimentaires :

- 1° En desséchant complètement ces substances;
- 2° En ajoutant à ces substances des quantités convenables de sel marin ou encore de sucre;
- 3° En joignant aux moyens précédents l'action d'agents antiseptiques;
- 4° En tuant les germes par la chaleur, puis conservant les substances ainsi stérilisées à l'abri de l'air;
- 5° En les maintenant à une basse température.

Nous allons passer en revue les différents procédés de préparation des conserves alimentaires, en suivant l'ordre que nous venons d'indiquer.

Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur leur dessiccation.

Conservation des viandes. — La dessiccation est un des premiers procédés auxquels on ait eu recours pour la conservation de la viande.

L'opération s'effectue encore aujourd'hui de la manière suivante :

Comme il serait très difficile d'amener des corps d'un certain volume, des quartiers de viande, par exemple, à un état de dessiccation complète, assez rapidement pour que ces corps ne subissent pas un commencement d'altération pendant la durée de l'opération, la viande, dégraissée, est coupée en minces lanières, que l'on fait sécher au soleil, en les posant sur des bâtons horizontaux.

Souvent, avant d'être exposées au soleil, les lanières sont saupoudrées de farine de maïs, qui absorbe une partie des sucs de la viande.

Cent parties de viande fraîche se réduisent par ce moyen à 26 parties de viande sèche.

Le produit flexible, que l'on obtient ainsi, est ensuite roulé et comprimé, et devient par suite d'un transport facile.

Cette viande desséchée est nommée *pemmikan* dans l'Amérique du Nord, *carne seca* ou *tasajo* dans l'Amérique du Sud, *biltongue* dans l'Afrique méridionale et *kadyd* ou *kélia* par les Arabes du Sahara.

Ce produit, même après une cuisson prolongée, ne reprend pas son état primitif; la graisse, dont la viande est toujours imprégnée, quelque maigre qu'elle soit, rancit rapidement et lui communique une saveur très désagréable.

Il constitue en outre un aliment d'une digestion difficile. Néanmoins il est consommé en grande quantité aux Antilles et dans presque toute l'Amérique.

Cette préparation ne peut s'effectuer que dans les pays chauds et pendant la belle saison.

Le procédé suivant, dû à M. Wislin, est plus coûteux, mais donne de meilleurs résultats.

La viande à conserver est découpée en morceaux du poids de 50 à 100 grammes; ces morceaux sont plongés successivement, pendant 5 à 10 minutes dans une chaudière remplie d'eau bouillante, puis retirés et portés sur un treillis dans une étuve à air chaud, dont la température est réglée à 45 ou 50 degrés.

On a soin, pendant cette opération, d'ajouter un peu d'eau dans la chau-

dière pour remplacer celle qui s'évapore, et, si on le veut, un peu de sel et quelques épices.

Au bout de deux jours passés à l'étuve, la viande est suffisamment desséchée : elle a perdu les deux tiers de son poids.

L'eau de la chaudière, dans laquelle la viande a été trempée, s'est transformée peu à peu en un consommé très concentré. Ce consommé est alors concentré à un degré tel qu'il se prend en gelée par le refroidissement.

Les morceaux de viande, retirés de l'étuve, sont plongés dans le liquide précédent, qui est chauffé, puis remis à l'étuve. La viande se trouve ainsi recouverte d'un vernis de colle de gélatine, dont on peut, si on le juge nécessaire, augmenter l'épaisseur par une seconde immersion dans la même solution gélatineuse.

La viande ainsi préparée se conserve dans un lieu sec sans la moindre altération; bouillie avec de l'eau, elle donne un bon bouillon, mais, comme aliment, laisse encore beaucoup à désirer.

Conservation des légumes. — La dessiccation est employée, non seulement pour la conservation des viandes, mais encore pour celle des légumes.

En 1845, M. Masson, jardinier en chef du Luxembourg, proposa de conserver les légumes en les desséchant dans des fours, puis en les comprimant au moyen de la presse hydraulique, afin d'éviter qu'ils restent exposés à l'action de l'air humide sous une trop grande surface.

La Société d'horticulture de Seine-et-Oise lui décerna une médaille comme récompense.

Ce procédé fut exploité industriellement par MM. Chollet et Morel-Fatio. Il comporte les opérations suivantes :

Les légumes, arrivant des marchés ou des jardins maraîchers, sont épluchés et nettoyés par des ouvrières. Ils sont ensuite taillés en fragments de petit volume à l'aide d'une sorte de coupe-racines.

Ainsi taillés en fragments, les légumes sont placés sur des claies et introduits dans une boîte à vapeur, où ils sont exposés à l'action d'un courant de vapeur d'eau à 5 ou 6 atmosphères, provenant d'un générateur.

Cette vapeur cuit les légumes en 3 à 4 minutes.

Au bout de ce temps, ils sont retirés et placés dans des étuves, où un courant très rapide d'air chaud, produit par un puissant ventilateur, les amène en 3 ou 4 heures à un état complet de dessiccation.

La température de l'air chaud ne doit pas dépasser 45 à 50 degrés.

Ces étuves ont une capacité d'environ 2 mètres cubes. Le ventilateur est placé à leur partie supérieure et aspire l'air de l'étuve. L'air extérieur, avant d'y entrer, s'échauffe en traversant les conduits d'un calorifère. La quantité d'air qui traverse l'étuve est de 1^m³,5 par seconde. Cet air, qui pénètre dans l'étuve à 43 degrés, en sort à 28 ou 30 degrés et à peu près saturé d'eau.

Par la dessiccation, les légumes perdent de 90 à 96 p. 100 d'eau, les pommes de terre de 70 à 78 p. 100.

Quand la dessiccation est complète, les légumes sont devenus très friables. On les expose alors pendant quelque temps à l'air, afin qu'ils absorbent un peu

d'humidité ; ils reprennent ainsi une certaine flexibilité. Toutefois, ils ne doivent jamais contenir plus de 15 p. 100 d'eau.

Les légumes qui sont destinés à la consommation des ménages sont simplement emballés. Ceux qui sont destinés aux troupes ou à la marine sont soumis à l'action d'une presse hydraulique qui les convertit en tablettes compactes, n'occupant plus que les trois dixièmes du volume qu'ils présentaient après leur dessiccation.

Dans ce procédé, la cuisson des légumes au moyen de la vapeur à haute pression présente une grande importance : D'abord, elle assure la conservation des légumes, parce que, sans doute, elle tue tous les germes qui pouvaient exister à leur surface ; ensuite elle laisse dans les végétaux tous les sucs qu'ils contiennent et qui eussent été enlevés par une coction dans l'eau ; elle conserve par suite à ces légumes leurs propriétés nutritives et leur arôme particulier.

Par suite de la compression énergique à laquelle on a soumis ces végétaux, une caisse de la capacité de 1 mètre cube peut contenir 25.000 rations. Chaque ration renferme 25 grammes de légumes secs qui, trempés dans l'eau, représentent 200 grammes de légumes frais.

Ces conserves comprennent tous les légumes verts usuels : les choux, les épinards, l'oseille, les navets, les carottes, les potirons, les pommes de terre, les fèves, les petits pois, etc.

Pour faire usage de ces préparations, il faut leur rendre l'eau dont la dessiccation les a privées. On les fait tremper pendant 30 ou 40 minutes dans l'eau tiède, ou 1 à 2 heures dans l'eau froide. Les légumes reprennent alors leur volume primitif, leur forme, leur fraîcheur, même leur couleur, et on peut les soumettre à la cuisson comme à l'ordinaire.

Pendant la campagne d'Orient, M. Chollet a fourni à l'administration de la guerre 120.000 rations de conserves par jour en hiver et 40.000 en été. Ces conserves se composaient de tablettes de pommes de terre et de *julienne de troupe*, formée de choux, carottes, pommes de terre, navets, et en moindre quantité d'oignons, céleri, poireaux et panais, auxquels on ajoutait quelquefois des fèves.

Conservation des fruits. — La dessiccation est également employée pour conserver les fruits. Quelques-uns sont laissés entiers, comme les prunes, les raisins, etc. D'autres, comme les pommes, sont d'abord coupés en quartiers avant d'être desséchés.

Suivant les pays, suivant les climats, la dessiccation a lieu soit au soleil, soit dans les fours de boulangerie, soit enfin dans des étuves.

Biscuit-viande. — On peut placer dans cette catégorie certains produits de fabrication moderne, dont la conservation repose également sur la dessiccation.

Tel est le *biscuit-viande*, dont l'invention est due à l'Américain Gail Borden, et qui figura pour la première fois à l'Exposition de Londres de 1851.

Comme son nom l'indique, c'est une association de farine avec de la viande cuite et le bouillon résultant de sa coction.

Ce produit est préparé au Texas de la manière suivante :

Les quartiers de bœuf sont dépecés, puis bouillis avec de l'eau, pendant 10 à 12 heures. Au bout de ce temps, on décante le bouillon, on enlève la graisse surnageante et on l'évapore à consistance sirupeuse. Avec cet extrait et de la farine de froment en proportion convenable, on fait une pâte consistante, que l'on pétrit et que l'on découpe de manière à lui donner la forme des biscuits d'embarquement, puis on la met au four.

On obtient ainsi un produit sec, d'une conservation facile. En le faisant macérer dans l'eau chaude, ou par un apprêtage approprié au goût du consommateur, il fournit une soupe assez nutritive.

La commission de l'Exposition de Londres de 1851 admit qu'une livre de ce biscuit renferme la matière soluble de 5 livres de bœuf, mélangée avec une demi-livre de farine.

Le biscuit-viande peut rendre des services aux équipages et aux troupes en campagne. Il a été adopté par la marine américaine.

En France, M. Callaud voulut perfectionner le biscuit-viande en y introduisant de la viande cuite et des légumes.

Les essais auxquels fut soumis ce produit pour l'alimentation des troupes, pendant la guerre de Crimée, en 1855, ne donnèrent pas de bons résultats.

Ce biscuit manque de cohésion et s'émiette facilement. Il en résulte que le produit rancit assez rapidement et acquiert une saveur désagréable.

M. Jacobsen, de Berlin, prépare, sous le nom de *Fleischextract Brot* ou de *deutscher Fleischzwieback*, un biscuit analogue au biscuit-viande, en pétrissant de la farine avec de l'extrait de viande Liebig, dont nous indiquerons tout à l'heure la préparation.

Un perfectionnement a été réalisé dans la préparation de ce biscuit; il est recouvert de gélatine, qui en bouche les pores et empêche l'introduction dans son intérieur de l'air et de l'humidité. Il s'ensuit qu'il se conserve bien et ne rancit pas.

1 kilogramme de ce biscuit renferme les matières extractibles de 4 kilogrammes de viande de bœuf. Il est livré en tablettes de 125 grammes, munies de rainures qui permettent de les diviser en 10 portions.

Lorsqu'on veut se servir de ce pain, on en casse la quantité nécessaire, que l'on arrose avec de l'eau bouillante, et l'on ajoute un peu de sel. Si l'on fait infuser des plantes potagères (persil, céleri, etc.) dans l'eau que l'on emploie pour la préparation de la soupe au pain de viande, celle-ci prend le goût et l'arome du bouillon de viande fraîche.

Ce biscuit d'extrait de viande a été introduit dans l'alimentation des armées en Russie et en Angleterre.

La saucisse aux pois de Grüneberg, qui a rendu de grands services à l'armée allemande pendant la guerre de 1870, est encore un produit analogue au biscuit-viande, renfermant tout à la fois des substances animales et végétales.

Tablettes de bouillon. — L'invention des tablettes de bouillon date de la moitié de notre siècle. On les préparait en évaporant du bouillon de viande jusqu'à consistance d'extrait. En se refroidissant, cet extrait donne une matière solide, souple et d'une conservation facile, mais qui a peu de valeur, car, par

suite de la température élevée à laquelle elle a été soumise, elle a entièrement perdu l'arome du bouillon et contracté le goût de gélatine brûlée.

Plus récemment, M. Martin de Liguac a remédié à cet inconvénient en évaporant le bouillon de viande à une température qui ne dépasse pas 70 degrés et en le concentrant seulement jusqu'à consistance de gelée.

Extrait de viande de Liebig. — C'est à peu près dans ces mêmes conditions que se prépare l'extrait de viande de Liebig, pour lequel il a été fait tant de réclame.

Dans ses *Lettres sur la Chimie*, Liebig a donné les principes de cette préparation dans les termes suivants :

« Lorsqu'on lessive à l'eau froide et qu'on exprime de la chair musculaire hachée menu, on obtient un résidu blanc et fibreux, composé de fibres musculaires proprement dites, de ligaments, de vaisseaux et de nerfs.

« Si la lixiviation est complète, l'eau froide dissout 16 à 24 centièmes de la viande supposée sèche. Lorsqu'on chauffe peu à peu à l'ébullition l'extrait de viande aqueux ordinairement coloré en rouge par du sang, on voit, quand le liquide atteint 56 degrés centigrades, se séparer l'albumine, d'abord dissoute, en flocons caillébottés, presque blancs ; la matière colorante du sang ne se coagule qu'à 70 degrés.

« L'extrait privé par l'ébullition de la matière colorante du sang et de l'albumine possède le goût aromatique et toutes les propriétés du bouillon de viande. Évaporé à une douce chaleur, il se fonce, devient finalement brun, et prend un goût de rôti. Réduit à siccité, il laisse, pour 100 de viande sèche, 12 à 13 parties d'une masse brune, un peu molle, très soluble dans l'eau froide ; ce résidu, dissous dans environ 32 parties d'eau chaude et additionné d'un peu de sel, a le goût et tous les caractères d'un excellent bouillon. L'intensité de saveur de l'extrait desséché est si grande, qu'aucun ingrédient culinaire ne lui est comparable comme assaisonnement. »

Ce n'est que quinze ans après cette publication de Liebig, en 1862, qu'un ingénieur de Hambourg, Giebert, songea à en tirer parti pour employer la chair des bœufs et des moutons de l'Uruguay, alors inutilisée.

Cet extrait renferme près d'un cinquième de son poids de sels. Sur 100 parties de ces sels, d'après Liebig, il y en a 81 de solubles dans l'eau et 19 d'insolubles, dont 5,77 de phosphate de chaux, et 13,23 de phosphate de magnésie.

Liebig s'exagérait beaucoup l'importance du rôle que son extrait pouvait jouer dans l'alimentation. Des expériences récentes ont démontré que tous ces produits, tablettes de bouillon, extrait de Liebig, n'avaient aucune valeur nutritive, ne renfermant presque pas de matières albuminoïdes.

M. Hepp, pharmacien en chef des hospices de Strasbourg, nourrissant des chiens avec l'extrait de viande, a reconnu que ces animaux dépérissaient au bout de 4 ou 5 jours, et mouraient d'inanition au neuvième jour.

L'emploi de l'extrait de viande peut être salutaire à la fin de longues maladies, parce que l'économie épuisée reçoit ainsi les sels dont elle a besoin. Comme ces matières salines sont surtout nécessaires à la formation du suc gastrique, l'extrait de viande agit de cette manière ; renfermant principalement des

sels de potasse, il produit dans l'économie la même action que ces sels ; à faible dose, il est stimulant.

M. le Dr P. Muller, dans un mémoire qu'il a publié sur les extraits de viande, formule les conclusions suivantes :

« 1° Les extraits de viande ne sont aliments ni directement, parce qu'ils ne renferment pas de matières albuminoïdes ; ni indirectement, parce que leurs principes azotés n'arrêtent pas la désassimilation ;

« 2° A dose faible, ils peuvent être utiles, par l'action stimulante des sels potassiques qui favorisent la digestion et la circulation ;

« 3° A dose plus forte, au lieu d'être utiles, ils pourront avoir un effet fâcheux. »

Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur l'action du sel marin.

La salaison est, avec la dessiccation, l'un des premiers moyens employés pour la conservation des substances alimentaires.

Le sel marin est en effet un agent de conservation très précieux, soit que, par suite de son affinité pour l'eau, il absorbe la plus grande partie de ce liquide imprégnant les muscles, soit plutôt qu'il constitue un milieu dans lequel les germes de la putréfaction ne peuvent pas se développer.

Pour que ce procédé de conservation réussisse bien, il faut que le sel puisse pénétrer complètement toutes les parties des substances à conserver.

Lorsqu'il s'agit de la viande, généralement on la frotte avec du sel et on l'en saupoudre ; on la dispose ensuite par lits dans un tonneau ou un autre récipient, en séparant chaque lit par une couche de sel, puis on charge le tout avec des poids.

Au bout de quelques jours, on retire la viande, et on la replace de nouveau par lits, séparés par des couches de sel, en ayant soin de mettre au fond les morceaux qui, la première fois, se trouvaient au-dessus ; enfin on arrose le tout avec la saumure qui s'est écoulée par la pression pendant la première opération. Quelquefois on concentre d'abord cette saumure jusqu'à moitié de son volume primitif.

Ce traitement est répété plusieurs fois, puis la viande est emballée dans des tonneaux.

La quantité de sel que l'on emploie représente le sixième du poids de la viande à conserver.

Les viandes salées ont toujours un aspect grisâtre, ne rappelant nullement, lorsqu'elles ont subi les préparations culinaires, l'aspect rosé de la viande cuite à point.

On a reconnu que le salpêtre, ajouté au sel marin en petite quantité (environ 15 millièmes), a la singulière propriété de conserver à la viande son aspect rosé, et, comme cette proportion de nitre ne paraît pas susceptible de porter préjudice à la santé des consommateurs, cette addition est devenue une règle.

Déjà l'instruction de l'an VIII (1799) pour la préparation des salaisons de la marine prescrivait de composer une *saumure antiscorbutique* avec du sel, de l'alun, de la gomme adragante et de la garance.

Les viandes salées jouent un rôle important dans l'alimentation, cependant elles ne sont pas sans danger. Les aliments conservés par le sel changent de nature. Ils subissent une sorte de coagulation et deviennent durs et indigestes.

Il suffit, pour se convaincre de l'infériorité des salaisons au point de vue de l'hygiène, de voir le plaisir avec lequel le matelot, qui en a fait usage pendant quelque temps, retrouve à terre des aliments frais.

L'expérience a appris que, par l'usage prolongé de la viande salée, un individu ne peut pas se maintenir en état de santé. On admet que le scorbut est une maladie causée par l'abus de ce genre de nourriture.

Il y a plus, on a signalé à plusieurs reprises des cas d'empoisonnement survenus à la suite de l'ingestion de quantités plus ou moins considérables de ces salaisons.

Ces accidents ont été attribués tantôt à un état particulier de la matière organique dissoute dans la saumure, tantôt à une plante qui s'y développe quelquefois (*Sarcina botulina*).

Les expériences de MM. Reynal et Goubaux, professeurs à l'école d'Alfort, prouvent que le sel à forte dose produit les mêmes effets.

D'après M. Goubaux, la saumure a exactement la même influence toxique qu'une solution aqueuse de sel contenant la même quantité de ce dernier corps. On peut, par exemple, empoisonner un chien soit avec 3 décilitres de vieille saumure administrée en nature, soit avec la même quantité de ce liquide évaporée, calcinée au rouge et reprise par l'eau.

Ainsi le sel, lorsqu'il est mélangé à dose convenable aux aliments, constitue un condiment utile, mais devient un poison lorsqu'il est ingéré à haute dose par un animal à jeun et qu'on s'oppose aux vomissements. L'action toxique du sel employé à haute dose explique ses propriétés conservatrices pour les aliments. Il s'oppose à l'évolution des germes qui produisent la putréfaction. (*Dictionnaire encyclopédique de Dechambre*.)

On peut donc considérer la conservation par le sel d'une substance alimentaire comme résultant de l'addition à cette substance de chlorure de sodium à dose toxique pour les ferments.

Maintenant, lorsqu'on voudra utiliser cette substance pour l'alimentation, on devra, par des lavages, lui enlever la plus grande partie du sel qu'elle contient, lequel pourrait avoir une influence nuisible sur l'organisme.

Les salaisons préparées en Angleterre ont été pendant longtemps considérées comme supérieures à celles des autres pays. Il est donc intéressant de faire connaître le mode opératoire des Anglais pour obtenir ces produits.

Les salaisons doivent être préparées pendant la saison froide, entre novembre et mars.

C'est au mois de novembre que les animaux sont dans le meilleur état, car ils ne souffrent plus des chaleurs de l'été et n'ont pas eu encore à supporter les froids de l'hiver.

On doit choisir de préférence des bœufs de grande taille et gras, surtout sains et nourris en plein air. La vache ne fournit que de mauvais produits.

Le système d'abatage n'est pas indifférent : celui qui consiste à couper le bulbe rachidien ne convient pas, car il détermine une paralysie immédiate de tous les muscles du tronc, d'où il résulte que l'animal perd peu de sang, lequel, retenu dans les vaisseaux, nuit à la conservation de la viande.

En Angleterre, on assomme les animaux en les frappant avec une sorte d'emporte-pièce conique, un peu en avant des deux cornes. Ils tombent comme foudroyés, mais en conservant assez de contractilité dans leurs tissus pour l'expulsion de la presque totalité du sang.

Les animaux destinés à la salaison ne doivent pas être soufflés. Ils sont fendus en deux moitiés, suivant la longueur, vidés avec beaucoup de propreté ; les grosses veines sont ouvertes et nettoyées avec soin. On laisse ensuite la viande en repos pendant 6, 8 ou 12 heures, suivant l'état de l'atmosphère ; elle refroidit et prend une grande fermeté.

Après ce temps, on enlève les os longs des membres et la viande est dépecée en morceaux, qui ne doivent pas peser plus de 6 kilogrammes ni moins de 2, en ayant soin de retirer la graisse des flancs ; les morceaux, après avoir été nettoyés du sang qui les souille, sont frottés avec du sel, puis déposés dans des caisses carrées à fond percé de trous et placées sur un réservoir à saumure. Chaque caisse peut contenir environ 8 bœufs. Un homme entre dans la caisse et arime les pièces en demi-cercle autour de lui. En se retirant, il laisse un canal par lequel on puise la saumure pour arroser la viande deux fois par semaine. Quand la caisse est pleine, on recouvre la viande avec des planches sur lesquelles on met des poids ou des pierres lourdes, pour exercer une certaine compression. Après 7 jours, les morceaux sont transportés dans une caisse voisine, de telle sorte que les couches profondes deviennent les couches superficielles, et réciproquement. Pour ces opérations, on emploie pour 100 kilogrammes de viande environ 12 kilogrammes de sel, dont une partie seulement reste dans les tissus. Après une nouvelle période de 8 jours, la viande est introduite dans des barils, en ayant soin de disposer une couche de sel au fond, une au milieu et une autre au-dessus. Chaque couche de sel a 2 centimètres d'épaisseur, et le tout est fortement tassé à coups de masse.

Quand les barils sont remplis, on adapte les fonds, on les couche sur le côté, puis, par la bonde, on les remplit de saumure.

On peut employer celle qui provient des cuves, après l'avoir filtrée. Souvent on la fait cuire pour faciliter la séparation des matières organiques qui la colorent, en les coagulant par la chaleur.

Le sel employé doit être très pur et contenir aussi peu que possible de sels de chaux et de magnésie. On emploie 306 grammes de salpêtre et 20¹/₅ de sel par baril de 165 kilogrammes de bœuf.

La viande perd au dépeçage, par l'extraction des gros os, par déchet et par évaporation, 4 p. 100 de son poids ; elle perd encore 5 p. 100 au salage.

Les ateliers de salaison des viandes doivent être très aérés et très frais ; on doit les laver souvent et les tenir avec une extrême propreté. Leur température doit être autant que possible basse et invariable, comme celle des caves ; aussi

est-il avantageux de les placer en sous-sol. (*Annales d'hygiène et de médecine légale*, t. I, *nourriture des équipages et amélioration des salaisons*, par Kérandren.)

Le mode de salaison des viandes que nous avons décrit précédemment exige de nombreuses manipulations; on a cherché à simplifier l'opération.

Payn, en 1843, eut l'idée d'appliquer à la conservation de la viande le procédé utilisé pour la conservation des bois : il introduisait les viandes dans un récipient métallique bien étanche et y faisait le vide. Lorsque le vide était aussi complet que possible, il faisait arriver dans le récipient de la saumure et enfin, à l'aide d'une pompe foulante, il y exerçait une pression qui avait pour effet de faire pénétrer le liquide salé dans toutes les parties de la chair musculaire.

M. de Lignae s'est servi, pour la conservation des jambons, d'une méthode ayant de l'analogie avec la précédente.

Elle consiste à injecter, dans l'intérieur du jambon, de la saumure, à l'aide d'une espèce de lardoire creuse, qui communique, par un tube de caoutchouc, avec un réservoir supérieur contenant la solution de sel marin. La quantité de saumure que l'on doit injecter est le neuvième ou le dixième du poids de la viande.

Pour savoir à quel moment cette quantité a été introduite, le jambon est placé sur une balance équilibrée, et qui trébuche dès que la viande a reçu la quantité de saumure voulue. Cette injection dure 2 à 3 minutes. Aussitôt qu'elle est terminée, le jambon est plongé dans une dissolution de sel, afin d'imprégner les couches superficielles et aussi afin d'empêcher que le liquide, qui vient d'être injecté, s'échappe au dehors.

La salaison terminée, on porte les jambons à l'étuve.

On peut encore rapprocher des précédents le procédé de conservation du docteur Morgan, qui a été appliqué à la Plata pour la préparation des viandes qui sont transportées et vendues en Angleterre.

Il consiste à injecter de saumure le corps entier de l'animal, au moment où il vient d'être abattu.

A cet effet, dès que l'animal est assommé, on lui ouvre la poitrine et l'on découvre le cœur. En faisant une incision au côté droit du cœur, on fait écouler la plus grande partie de son sang; puis, aussitôt, on introduit dans le ventricule gauche un tuyau qui communique par un tuyau avec un réservoir, placé à une hauteur de 8 mètres environ et contenant une solution de sel marin, additionné d'un peu de salpêtre. Cette solution pénètre, par les vaisseaux, dans tout le corps de l'animal.

Au bout de 10 minutes, l'opération est terminée. On découpe alors la viande en morceaux, que l'on suspend, pour les faire sécher, dans une chambre traversée par un fort courant d'air.

La préparation d'un bœuf par le procédé du docteur Morgan ne revient pas à plus de 1^{fr},50; aussi la viande ainsi préparée peut être vendue en Angleterre au prix de 88 centimes le kilogramme.

Le procédé Cerio qui, à l'Exposition universelle de 1867 a fait un certain bruit, n'est qu'une reproduction exacte du procédé de Payn.

Les méthodes dont nous venons de parler, permettant de saler à la fois le

corps entier d'un animal, sont d'une exécution très rapide, mais n'assurent pas la conservation de la viande pendant une longue durée. Toutes les parties de la chair ne sont jamais complètement imprégnées; aussi ne peut-on pas la considérer comme à l'abri des altérations.

Conservation du poisson. — Un grand nombre de poissons sont conservés au moyen de la salaison et de la dessiccation. Celui qui donne lieu à l'industrie la plus importante est certainement la morue, pour la pêche de laquelle la France fournit tous les ans au moins 250 bâtiments. Cette pêche se fait soit au filet, soit à la ligne.

Dès que les poissons sont pris, on les ouvre, on les vide, on les coupe en deux et on les empile en les saupoudrant de sel (6 hectolitres de sel pour 1000 poissons).

Une partie des morues est expédiée en Europe, sans autre préparation que la salure qu'elles ont reçue sur le pont du navire. Le reste (et c'est la plus grande partie) est préparé et séché sur les lieux. C'est aux îles Saint-Pierre et Miquelon que se fait surtout cette sécherie.

Dès que les navires chargés de morues salées sont arrivés dans un port soit à la Rochelle, à Bordeaux ou à Cette, on débarque ces poissons et on s'occupe aussitôt de les dessaler et de les sécher.

A cet effet, on fait tremper les morues dans l'eau douce un temps convenable pour les débarrasser de la plus grande partie du sel, mais non de la totalité; on suspend à des cordes les poissons bien étalés, en pinçant leur queue entre deux liteaux. L'exposition à un soleil ardent produirait une dessiccation trop prompte, qui nuirait à la qualité de la morue. Quand le soleil est trop chaud, on dispose au-dessus des poissons des claies d'osier, qui laissent passer l'air, et n'arrêtent que les rayons solaires.

L'esturgeon et le saumon sont préparés dans les pêcheries de la Russie méridionale d'une façon semblable. Ils sont dépecés et placés pendant 10 ou 15 jours, dans du sel marin, additionné d'un peu de salpêtre, qui donne à la chair une couleur rongeâtre. On y ajoute même diverses épices, tels que poivre; cannelle, clous de girofle, laurier, etc. On les fait ensuite macérer deux jours dans l'eau douce pour enlever l'excès de sel, puis on les fait sécher sous des hangars à claire-voie.

Les harengs sont encore conservés de la même manière.

Conservation des légumes. — On peut également employer le sel pour conserver les substances végétales alimentaires.

Il suffit d'empiler les légumes dans de grands pots de grès, en les salant au fur et à mesure de leur introduction dans le vase. Les légumes ainsi préparés perdent une partie de leur eau et se rident. L'eau qu'ils abandonnent forme une espèce de saumure, dans laquelle ils trempent. Ce procédé est fort simple, mais le produit qu'il fournit n'est pas de très bonne qualité.

La fabrication de la choucroute est aussi fondée sur la conservation par l'emploi du sel.

Pour préparer la choucroute, on emploie une espèce de choux, dits choux

d'Alsace, dont la feuille est très mince. On enlève les mauvaises feuilles, puis on coupe les bonnes en lanières très ténues, au moyen d'une espèce de rabot. Les choux ainsi coupés sont introduits dans des cuves plus ou moins vastes, par couches de 5 à 10 centimètres d'épaisseur, que l'on saupoudre de sel, à raison de 1 kilogramme de sel pour 30 kilogrammes de choux. On ajoute aussi souvent quelques aromates, tels que du poivre, des baies de genièvre, etc. On a soin de comprimer fortement chaque couche de choux, avant de disposer la suivante. Quand la cuve est pleine, on la couvre d'une toile, puis de planches et de poids, et on laisse la fermentation se produire. Cette fermentation se déclare plus ou moins vite et dure plus ou moins longtemps, suivant la température extérieure et suivant la dimension des cuves. En été, dans les grandes chaleurs, en huit jours elle est complète, si les choux ont été placés dans des barriques de 300 à 400 litres. On peut activer la fermentation en ajoutant un peu de cidre dans la cuve.

Pendant la fermentation, on voit de l'eau salée monter à la partie supérieure de la cuve et des bulles de gaz la traverser incessamment. Quand elle est terminée, les choux ont pris une couleur et un goût caractéristiques; ils se sont affaissés; le liquide surnageant a une saveur acide et piquante. Le produit est alors retiré et introduit dans des tonneaux dans lesquels on le comprime fortement et que l'on achève de remplir avec de la saumure. Dans cette transformation, les choux ont perdu à peu près 33 p. 100 d'eau.

Emploi du sucre, comme ^aagent de conservation.

Le sucre qui, en dissolution étendue, s'altère avec une si grande facilité, n'éprouve au contraire aucune modification lorsqu'il est en dissolution très concentrée; à cet état, il peut même être employé comme agent de conservation.

C'est ainsi que l'on confit, pour les conserver, un grand nombre de fruits, ainsi que d'autres substances végétales.

Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur l'action des agents antiseptiques.

L'expérience a fait connaître depuis longtemps déjà que la viande, exposée durant plusieurs semaines à l'action de la fumée de bois, peut se conserver sans altération. Cette opération, qui a été pratiquée de tout temps dans certaines parties de l'Amérique, a reçu le nom de *boucanage*, parce que dans l'Amérique du Nord on ne fumait que la chair de jeunes bouquetins.

La viande à conserver est d'abord frottée avec du sel, auquel on ajoute souvent un peu de salpêtre, puis suspendue dans une sorte de hutte, au centre de laquelle on entretient un feu de bois vert. Pour l'entretien de ce feu, les bois feuillus sont préférables aux bois résineux, qui communiquent toujours à la chair un arrière-goût désagréable.

Il est essentiel, pour fumer les viandes, de faire peu de feu et de laisser longtemps les viandes soumises à son action. Si l'on poussait trop le feu, le résultat serait mauvais : les couches superficielles de la viande se dessécheraient et ne laisseraient pas la fumée agir sur les parties centrales. Ce n'est qu'à la fin de l'opération que, pendant un temps assez court, il faut activer le feu, afin de rendre la surface plus difficilement altérable.

L'action qu'a la fumée sur la conservation des substances animales tient évidemment à l'existence dans cette fumée de plusieurs produits antiseptiques, notamment de la créosote, de l'acide phénique, de l'acide acétique, etc.

Ces principes antiputrides viennent, pendant l'opération, se condenser à la surface des pièces à conserver.

Toutefois leur action ne serait souvent pas suffisante, si l'on ne faisait concourir au même but une demi-salaison et une dessiccation incomplète de la partie extérieure de la viande, qui est la plus exposée au développement des germes.

La viande débitée en morceaux de 3 à 4 kilogrammes est frottée avec du sel, auquel on a ajouté un huitième de salpêtre.

Les Anglais, pour la préparation des jambons, dits d'York, ajoutent une certaine quantité de sucre au sel qui sert à frotter la viande.

C'est par une méthode analogue que l'on prépare à Hambourg des conserves de bœuf et de porc, qui jouissent d'une grande réputation.

Les quartiers de viande sont préalablement salés : on les range dans des cuves, en remplissant avec du sel les vides laissés par la viande, et on les abandonne au repos pendant 8 à 10 jours ; au bout de ce temps, on les retire pièce à pièce, on les lave avec une dissolution de sel marin, puis on les range dans une autre cuve, en les recouvrant de saumure bien clarifiée, aromatisée avec des feuilles de laurier, des baies de genièvre, etc. En sortant de ce deuxième bain, ils sont lavés de nouveau avec une dissolution de sel, puis exposés à l'air pour les égoutter, et après une journée ou deux, soumis à l'action de la fumée.

Dans ce but ils sont suspendus, pendant 1 mois environ, dans une chambre, où l'on fait arriver la fumée produite par la combustion de copeaux de chêne, de hêtre ou de bouleau bien verts.

La fumée est produite à l'étage inférieur dans une cheminée disposée à cet effet. De là elle pénètre dans le bas de la chambre où sont placées les pièces à conserver, disposées dans un ordre tel que les plus grosses soient les premières exposées à l'action de la fumée. Des cloisons horizontales et percées de larges ouvertures sont disposées de manière à faire serpenter les gaz, qui s'échappent finalement par une cheminée placée à la partie supérieure. Les ouvertures d'entrée et de sortie sont munies de registres qui permettent de régler la quantité et la concentration de la fumée; celle-ci peut en effet être mélangée à une proportion plus ou moins grande d'air atmosphérique.

Dans certains établissements, l'enfumage est produit d'une manière intermittente : c'est toutes les six heures que l'on fait arriver la fumée dans la chambre, où les viandes à conserver sont attachées à des perches horizontales, de manière à ne pas se toucher. Lorsque la chambre est suffisamment remplie de fumée, on ferme les orifices qui la font communiquer d'une part avec le foyer, de l'autre avec la cheminée. Enfin, avant de faire arriver de nouveau la fumée, on aère pendant quelque temps la chambre, afin de renouveler l'air qu'elle contient.

La viande perd à la salaison qui précède le fumage de 6 à 7 p. 100, au fumage elle perd encore de 8 à 10 p. 100. Comme aliment, la viande fumée est préférable à la viande salée, elle est plus assimilable et a meilleur goût.

On a recours à une opération semblable pour fabriquer les harengs saurs, rouges ou fumés.

Les poissons sont suspendus, après salaison, dans une cheminée ou dans une espèce de four, dans lequel on fait un petit feu avec du bois donnant beaucoup de fumée. On prolonge l'opération jusqu'à ce que les harengs soient secs et de la couleur voulue.

La préparation peut être effectuée en 24 heures et elle s'exécute sur des milliers de harengs à la fois.

La salaison peut être plus ou moins forte. Le produit est plus agréable au goût s'il renferme moins de sel; malheureusement, dans ce cas, il est plus altérable.

Cette préparation des harengs saurs se fait surtout en Hollande. Elle est également pratiquée dans certains ports de la Manche, mais les produits en sont moins estimés.

En Russie, sur les bords de la mer Caspienne et du Volga, il existe des éta-

blissements considérables, qui préparent des esturgeons et d'autres poissons, qui sont consommés sur tous les points de l'empire.

On peut ranger l'emploi de l'alcool et de l'acide acétique parmi les procédés de conservation de cette catégorie. En effet l'alcool, à un certain degré de concentration, est un violent poison pour tous les êtres vivants; l'acide acétique s'oppose également au développement des germes de la putréfaction, ou du moins le ralentit beaucoup.

Emploi de l'alcool. — Ce procédé, employé pour la conservation d'un grand nombre de fruits, réunit à la simplicité la faculté de conserver aux substances organiques leur forme et leur état naturel.

Malheureusement, ce moyen de conservation, parfait d'ailleurs, ne peut avoir qu'un usage restreint pour la conservation des substances alimentaires à cause de la saveur qu'il leur communique.

La façon d'opérer pour conserver les fruits varie suivant l'espèce : tantôt, pour les cerises par exemple, on introduit les fruits dans l'eau-de-vie additionnée de sirop de sucre, sans leur avoir fait subir de cuisson; tantôt comme pour les prunes, on les met dans le sirop bouillant et on les y laisse quelques minutes seulement; d'autres fois, enfin, on leur fait subir une cuisson préalable. C'est ainsi que l'on opère pour les poires.

Emploi du vinaigre. — Le vinaigre, qui sert journellement pour conserver certains produits végétaux, tels que cornichons, oignons, etc., utilisés comme condiments, est aussi employé pour préserver la viande pendant quelque temps de la putréfaction.

Elle porte alors le nom de *viande marinée*.

Ce procédé, appliqué aux grives, fournit une conserve très appréciée des gourmets. On fait cuire à moitié sur le gril ou à la brochette les grives, auxquelles on a coupé la tête et les pattes, puis on les arrange dans un tonnelet, que l'on remplit de vinaigre bouilli et froid; enfin on ferme le vase aussi hermétiquement que possible.

On opère d'une manière analogue pour conserver la viande des animaux de plus forte taille, seulement on a le soin d'enlever les os.

Pour éviter que certains principes de la viande ne se dissolvent en partie lorsqu'on met cette substance dans le vinaigre, on a proposé, au lieu d'employer l'acide acétique sous forme de vinaigre liquide, de faire agir sur la viande les vapeurs de cet acide.

Emploi d'autres substances antiseptiques. — On a proposé, pour la conservation des substances alimentaires, un assez grand nombre de produits antiseptiques, qui seraient capables de s'opposer au développement des germes de la putréfaction. Mais la plupart de ces procédés n'ont pas encore reçu la sanction de la pratique; de plus, beaucoup de ces substances communiquent à la conserve une odeur ou une saveur qui ne la ferait peut-être pas

admettre facilement par les consommateurs. Aussi nous contenterons-nous d'indiquer brièvement les principaux.

Emploi de l'acétate de soude. — Dans ses recherches sur la fermentation alcoolique, Dumas avait constaté qu'une très petite quantité d'acétate de soude empêchait le développement de la levure. Le docteur Sacc, de Neuchâtel, montra que ce sel agit de même sur la plupart des ferments; dès lors, comme sa saveur diffère peu de celle du chlorure de sodium, il proposa, en 1871, de le substituer au sel marin pour la conservation des viandes.

L'opération s'exécute de la manière suivante :

On range les viandes à conserver dans un baril, en les recouvrant d'acétate de soude en poudre. Le poids de ce sel à employer est égal au quart du poids de la viande. L'acétate se dissout aux dépens de l'eau du tissu musculaire. Au bout de 24 heures, on retourne les morceaux de viande, en plaçant dessus ceux qui étaient dessous. En 48 heures l'action est terminée; on bien on emballe les viandes dans leur saumure; ou bien on les sèche à l'air.

Pour consommer les viandes ainsi préparées, il faut les faire tremper pendant 18 à 24 heures dans de l'eau tiède additionnée de 10 grammes de sel ammoniac par litre d'eau.

Ce sel décompose l'acétate de soude resté dans les chairs, en formant du chlorure de sodium, qui en relève le goût.

Emploi de l'acide borique et du borax. — C'est également Dumas qui a signalé les propriétés antiseptiques de ces composés. Ces propriétés ont été appliquées à la conservation des viandes.

A Buenos-Ayres, on fait tremper à cet effet la viande, pendant 24 à 36 heures, dans une solution contenant par hectolitre 8 kilogrammes de borax, 2 kilogrammes d'acide borique et 1 kilogramme de sel marin; la viande est ensuite mise dans des barils avec un peu de ce liquide. Des viandes ainsi marinées ont été expédiées de Buenos-Ayres en France et en Belgique, où elles sont parvenues dans un bon état de conservation.

Le procédé Roosen, qui repose sur le même principe, a surtout été employé à la conservation du poisson.

Le poisson est introduit dans une barrique en acier étamé, contenant une solution d'un mélange salin, composé de 50 parties d'acide borique, 46 parties de sel marin et 4 parties d'acide tartrique.

La solution ne renferme que 3 p. 100 du mélange antiseptique. La barrique d'acier mesure 1^m,22 de hauteur et 0^m,61 de diamètre; elle contient environ 110 kilogrammes de poisson. Dès qu'elle est pleine de poisson et du liquide précédent, on ajuste le couvercle qui la ferme hermétiquement et, à l'aide d'une pompe foulante, on refoule le liquide dans la barrique, de manière à obtenir une pression de 5 kilogrammes par centimètre carré.

L'auteur a breveté, non pas le liquide antiseptique, mais les barriques, auxquelles il attache une grande importance. Il prétend que c'est grâce à la pression élevée à laquelle ce liquide est soumis que la conservation des matières animales est assurée.

A l'aide de ce procédé, on a pu apporter sur les marchés de Paris et de Londres des poissons de Norvège, de Terre-Neuve, etc.

Emploi de l'acide sulfureux et des sulfites. — Braconnot avait déjà eu l'idée d'utiliser les propriétés antiseptiques de l'acide sulfureux pour la conservation des viandes.

L'opération se fait de la manière suivante :

Les pièces de viandes, dépecées et bien parées, sont suspendues dans une salle où l'on dégage de l'acide sulfureux. La viande ainsi abandonnée dans cette atmosphère se conserve pendant très longtemps et peut même être exposée à l'air extérieur. Si un commencement d'altération se manifeste, il suffit d'une nouvelle exposition à l'acide sulfureux pour l'arrêter.

Ce procédé repose sur l'action bien connue de l'acide sulfureux sur les ferments, pour lesquels ce corps est un véritable poison.

Cet emploi de l'acide sulfureux est d'une application difficile pour les conserves de longue durée; il peut rendre des services lorsqu'il s'agit seulement de retarder de quelques jours la décomposition.

Récemment M. Lamy chercha à prolonger la durée de la conservation en soumettant les morceaux de viande à l'action du gaz acide pendant 10 à 20 minutes, suivant la dimension des morceaux, puis les recouvrant d'une sorte de vernis, formé soit de gélatine, soit de gutta-percha.

En Angleterre, M. Laseelles Scott a proposé de remplacer ces manipulations assez compliquées par une immersion des viandes dans une dissolution de bisulfite de chaux, qui ne leur donne aucun goût désagréable et qui, d'après l'auteur, serait tout à fait inoffensif.

Emploi de l'acide phénique et de l'acide salicylique. —

La viande peut se conserver pendant un certain temps sans altération, lorsqu'on l'enveloppe dans un linge imbibé avec une solution aqueuse d'acide phénique à 5 p. 100.

M. Baudet a proposé de placer les morceaux de viande, enveloppés de toile, dans des tonneaux, entre des couches de charbon pulvérisé, imbibé de la solution d'acide phénique. De cette façon, la chair n'est en contact qu'avec la vapeur du réactif.

L'odeur forte et désagréable de l'acide phénique serait certainement un obstacle à l'emploi de ce procédé.

L'acide salicylique, qui n'a pas d'odeur et ne possède qu'une saveur très faible, a également des propriétés antiseptiques puissantes.

En 1874, on a proposé de conserver la viande dans une solution renfermant quelques millièmes de cet acide. Mais l'expérience a montré que dans ces conditions, la conservation n'a qu'une durée très limitée.

D'autre part, comme nous l'avons dit en parlant de cet antiseptique, l'absorption de quantités un peu notables de cet acide n'est pas considérée par beaucoup de médecins comme inoffensive.

Emploi de l'oxyde de carbone. — Claude Bernard a montré que

l'oxyde de carbone a pour l'hémoglobine du sang une affinité supérieure à celle que l'oxygène possède pour cette même substance. Ce composé d'hémoglobine et d'oxyde de carbone est assez stable et peu altérable; c'est ce qui explique que des animaux, tués par l'oxyde de carbone et enfouis dans la terre, ont été trouvés, après trois ou quatre mois, dans un état de conservation remarquable.

Ces faits ont conduit M. Pelouze fils, en France, et M. Gramée, en Angleterre, à proposer l'oxyde de carbone comme moyen de conservation des viandes. Mais l'oxyde de carbone ne fait que retarder la putréfaction; il ne l'empêche pas: de là, la nécessité d'adjoindre à l'oxyde de carbone un autre antiseptique, ce qui complique singulièrement l'opération.

M. Pelouze dispose, dans des récipients bien étanches, les morceaux de viande, saupoudrés d'une matière antiputride, puis il remplit le récipient de gaz oxyde de carbone.

M. Gramée commence par tuer les animaux, dont il veut conserver la chair, en leur faisant respirer de l'oxyde de carbone, puis, ceux-ci étant dépoilués et dépecés, il en place les morceaux dans des caisses, qui peuvent être fermées bien hermétiquement. Ces caisses contiennent dans leur intérieur une boîte, renfermant du charbon saturé d'acide sulfureux, et qui, pour l'instant, est close. Quand la caisse est complètement remplie et fermée, on la fait traverser par un courant d'oxyde de carbone, qui chasse tout l'air qu'elle pouvait contenir; enfin, à l'aide d'un fil de fer qui passe dans un presse-étoupe, on ouvre la boîte dans laquelle se trouve le charbon. Celui-ci laisse dégager peu à peu son acide sulfureux, dont l'action antiseptique s'ajoute à celle de l'oxyde de carbone.

Emploi de l'air comprimé. — L'oxygène de l'air agit à la longue sur les microbes, d'abord pour les modifier, puis enfin pour les faire périr. M. Duclaux a constaté que des bourres de coton, chargées des poussières de l'air depuis vingt et un à vingt-deux ans et conservées pendant ce long espace de temps dans un air sec et confiné, étaient restées stériles, quel que soit le liquide où il les ait introduites.

Or ce que peut faire le contact longtemps prolongé de l'air, l'oxygène comprimé peut le faire presque instantanément. Il suffit qu'une infusion peuplée de vibrions séjourne quelques instants au contact de l'oxygène, comprimé à 8 ou 10 atmosphères, pour que tous ces microbes périssent, comme l'a montré P. Bert.

M. Alvaro Reynoso a pensé qu'il serait possible d'obtenir un résultat analogue en remplaçant l'oxygène par de l'air comprimé. Il a pu, dans ces conditions, conserver des viandes dans un parfait état de conservation pendant plus de trois mois. Il a remarqué de plus que, retirée des cylindres qui la contenaient, la viande s'altère plus lentement que celle qui n'a pas subi ce traitement.

Emploi de l'acide carbonique sous pression. — M. Bacherie a proposé récemment un nouveau procédé de conservation des substances alimentaires auquel il a donné le nom de *Dépulsor*.

Ce procédé consiste à introduire les produits alimentaires que l'on veut conserver dans un autoclave, muni, à une certaine distance au-dessus du fond, d'une

cloison à claire-voie. Au-dessous de cette cloison, se trouvent deux récipients : l'un, inférieur, contenant du bicarbonate de soude, l'autre, placé au-dessus, mobile autour d'un axe, pouvant être manœuvré de l'extérieur, et renfermant de l'acide chlorhydrique.

Lorsque l'autoclave est chargé, on le ferme hermétiquement, puis on renverse l'acide chlorhydrique sur le bicarbonate de soude. Une réaction très vive se produit ; il se forme du chlorure de sodium et un abondant dégagement d'acide carbonique. Comme le récipient est clos, cet acide carbonique produit dans l'autoclave une pression de 4 à 5 atmosphères. L'appareil porte un manomètre permettant de mesurer cette pression et une soupape de sûreté, pouvant se lever lorsque la pression atteint celle que l'on ne veut pas dépasser. Au bout d'un quart d'heure environ, on ouvre l'autoclave et on n'a plus qu'à exposer à l'air les produits alimentaires qui ont subi ce traitement.

Ces produits se dessèchent peu à peu avec le temps, mais n'éprouvent pas d'autre altération.

Ce procédé de conservation a été expérimenté par le 117^e régiment d'infanterie pendant les manœuvres qui ont eu lieu au mois d'octobre 1891.

Nous relevons dans le rapport du chef de bataillon Brail, président de la commission nommée pour suivre ces expériences, adressé au gouverneur militaire de Paris, les conclusions suivantes :

« La viande préparée au *Dépulsor* peut être transportée pendant deux jours sur le dos des hommes dans n'importe quelle saison et dans n'importe quel temps sans qu'elle s'altère.

« Cette viande, après ce transport, exposée à l'air, peut se conserver encore au moins deux jours pendant la saison chaude et huit jours pendant la saison froide.

« Ces résultats suffisent pour assurer la conservation de la viande en campagne pendant quatre jours, en la faisant transporter deux jours sur le dos des hommes et deux jours sur les fourgons. »

Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur la destruction des germes par la chaleur et le maintien à l'abri de l'air des produits ainsi stérilisés.

Procédé Appert. — C'est dans les premières années de notre siècle que fut découvert en France un nouveau procédé de conservation des matières alimentaires, tout à fait différent de ceux employés jusqu'alors et fournissant des produits incomparablement supérieurs.

L'auteur de cette découverte, François Appert, était confiseur à Paris, dans la rue des Lombards.

Ses premiers essais datent de 1796, mais ce n'est qu'en 1804 que les résultats qu'il avait obtenus furent constatés à Brest par une commission officielle. La Société d'encouragement lui décerna des médailles en 1816 et 1820 et lui accorda un prix de 2.000 francs en 1822. Il obtint des médailles d'or à l'Exposition des produits de l'industrie de 1827 et à celle de 1835. Enfin le gouvernement lui accorda une récompense de 12.000 francs, mais à la condition de rendre ses procédés publics.

C'est dans ce but qu'Appert publia en 1836 un livre ayant pour titre : *L'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales*, dans lequel est décrit, dans les plus petits détails, son procédé de conservation des différents produits alimentaires.

La conséquence de cette publication fut qu'un grand nombre d'industriels se mirent à appliquer la nouvelle invention.

Quant à Appert, il mourut en 1840 dans une position fort précaire.

Aujourd'hui les conserves par le procédé d'Appert sont l'objet d'un commerce considérable.

Dans son livre, Appert indique de la manière suivante la façon dont il opère :

« Le procédé consiste :

« 1° A renfermer dans des bouteilles ou bocaux les substances que l'on veut conserver;

« 2° A boucher ces différents vases avec la plus grande attention, car c'est principalement de l'opération du bouchage que dépend le succès;

« 3° A soumettre ces substances ainsi renfermées à l'action de l'eau bouillante d'un bain-marie, pendant plus ou moins de temps, selon leur nature ;

« 4° A retirer les bouteilles du bain-marie au temps prescrit. »

Appert expliquait les résultats remarquables que donnait son procédé de conservation de la façon suivante :

« L'action du feu, dit-il, détruit ou au moins neutralise tous les ferments, qui, dans la marche ordinaire de la nature, produisent ces modifications qui, en changeant les parties constituantes des substances animales et végétales, en altèrent les qualités. »

Cette explication, comme on le voit, présente une analogie bien frappante avec celle que l'on admet aujourd'hui et qui découle des travaux de M. Pasteur.

Appert ajoutait qu'il laissait aux savants le soin d'établir la théorie de son procédé.

Gay-Lussac fit de nombreuses expériences pour trouver la théorie de cette opération. La conclusion de ses recherches fut que le traitement, auquel Appert soumettait les substances alimentaires, avait pour effet de les soustraire à l'influence de l'oxygène, qui, selon lui, était la cause de la fermentation.

Gay-Lussac déduisait cette conclusion de l'expérience suivante, demeurée célèbre :

Il fit passer sous une cloche pleine de mercure quelques grappillons de raisin bien sains, puis, afin d'éliminer tout l'air qui aurait pu s'introduire avec eux dans la cloche ou rester adhérent à ses parois, il y fit passer, à plusieurs reprises, du gaz hydrogène. Il écrasa alors les raisins avec une tige de fer recourbée, et abandonna l'expérience à elle-même pendant plusieurs semaines, pendant lesquelles tout resta inerte. Quand il fut bien manifeste qu'aucune fermentation n'avait lieu, il fit arriver quelques bulles de gaz oxygène, et une fois, sur deux expériences, il vit se déclarer au bout de peu de jours, après introduction de ce gaz, une fermentation vive et régulière.

Gay-Lussac tira de là la conclusion que la fermentation du moût de raisin ne peut commencer sans le secours du gaz oxygène.

Passant à la méthode d'Appert, Gay-Lussac admit que le chauffage des bouteilles avait pour effet de déterminer l'absorption de l'oxygène que contenait la petite quantité d'air enfermée dans ces vases, les matières organiques s'oxydant rapidement à cette température aux dépens de cet oxygène.

Comme les vases doivent être hermétiquement bouchés, les substances à conserver se trouvaient en présence exclusivement d'un gaz inerte, l'azote de l'air, et par suite étaient à l'abri de toute altération ultérieure.

Plus tard, M. Pasteur prouva que la théorie de Gay-Lussac était erronée, en montrant qu'un morceau de viande non desséché, par exemple, pouvait se conserver indéfiniment, à la température ordinaire et au contact de l'air, pourvu que celui-ci ait été préalablement filtré au travers de coton.

Aujourd'hui, on explique l'expérience de Gay-Lussac en disant que les germes de la levure ont besoin d'air pour proliférer. D'autres germes sont dans le même

cas : l'oxygène de l'air peut donc jouer un certain rôle dans le phénomène de la putréfaction des matières organiques, mais il n'en est pas moins démontré, comme nous l'avons établi au commencement de cet article, que la cause principale du phénomène est la présence des germes à la surface de ces substances.

Nous dirons donc, en résumé, que la théorie du traitement qu'Appert fait subir aux substances alimentaires pour les conserver, consiste : 1° à tuer tous les germes ou spores qui peuvent se trouver dans les vases par une élévation suffisante de la température ; 2° à empêcher, par une fermeture hermétique de ces mêmes vases, la rentrée dans leur intérieur de tout germe provenant de l'air ambiant.

Ceci posé, nous allons passer en revue les différents perfectionnements qui ont été apportés au procédé d'Appert.

Nous avons vu qu'Appert renfermait les aliments qu'il voulait conserver dans des bouteilles ou des bocaux en verre.

Ces récipients de verre présentaient les inconvénients d'être lourds, fragiles et d'un bouchage difficile, à cause de la largeur obligée de leur col, lorsqu'il s'agit d'aliments solides, qui doivent être conservés en morceaux volumineux.

Un grand perfectionnement fut apporté par Collin, de Nantes, qui substitua aux bouteilles de verre des vases en fer-blanc cylindriques.

Ces boîtes sont remplies aussi exactement que possible avec les viandes ou les légumes que l'on veut conserver. On soude alors le couvercle de ces boîtes, puis on les place dans de l'eau que l'on porte à l'ébullition. Par suite de la dilatation de l'air enfermé dans le vase et de l'augmentation de la force élastique de la vapeur d'eau, conséquences de l'élévation de la température, le couvercle de la boîte se bombe et devient convexe. Mais lorsque les boîtes ont été retirées du bain-marie et qu'elles sont refroidies, leur couvercle doit présenter une légère concavité, parce que, par suite de l'absorption de l'oxygène qu'elles renfermaient primitivement, la pression doit être moindre à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Si, pour certaines boîtes, l'on ne constatait pas ces changements dans la forme du couvercle, il faudrait en conclure que la soudure de ces boîtes a été mal faite, et l'on devrait recommencer l'opération après avoir corrigé le défaut qu'elles présentaient.

Enfin, lorsqu'au bout d'un temps plus ou moins long après la préparation de la conserve, on constate que le couvercle d'une boîte est devenu convexe, on peut être certain que l'opération n'a pas réussi. L'augmentation de pression, dont le changement de forme de la boîte est la conséquence, est due au dégagement des gaz de la putréfaction.

On voit que, par un examen superficiel de la boîte, on peut reconnaître si la conserve est bonne ou mauvaise.

Afin de diminuer la quantité d'air qui reste emprisonné dans les boîtes entre les différents morceaux de viande et d'abrégier la durée du chauffage, il est d'usage aujourd'hui, lorsque ces boîtes sont garnies de viande, de remplir les vides soit avec du bouillon, soit avec la sauce dont on désire assaisonner la conserve.

Une fois fermées, les boîtes sont plongées dans l'eau bouillante pendant une

deux heures, si le volume de celles-ci n'est pas de plus de quelques litres, et pendant une heure ou deux, si leur volume est plus grand.

Dans certaines usines, on a apporté au mode opératoire précédent une modification imaginée par Fastier.

Elle consiste à ménager un petit trou dans le couvercle des boîtes. Pendant la cuisson au bain-marie, la vapeur d'eau s'échappe par le trou, en chassant devant elle l'air que renfermait la boîte. Lorsque la vapeur sort avec force, on fait tomber sur l'ouverture une goutte de soudure qui bouche le trou. On retire alors les vases du bain-marie, et à mesure qu'ils se refroidissent, la vapeur se condense; il se forme un vide, lequel détermine le dégagement des traces d'air qui pouvaient se trouver emprisonnées par exemple dans les os. On replace ensuite les boîtes dans le bain-marie bouillant et on débouche la petite ouverture du couvercle. Lorsque la vapeur sort de nouveau par ce trou, on le ferme comme précédemment par une goutte de soudure.

Cette modification dans le procédé ordinaire n'a pas été adoptée par les usines de Paris. Dans ces dernières, on s'est attaché à chauffer les boîtes à une température supérieure à 100 degrés.

Une telle préoccupation est parfaitement justifiée : nous avons vu, en effet, que pour tuer à coup sûr les germes, pour stériliser par conséquent les substances alimentaires, une température humide de 105 degrés était nécessaire. La température de 100 degrés, employée par Appert et par beaucoup d'industriels n'est donc pas suffisante, et l'on peut expliquer ainsi pourquoi certaines boîtes ne se conservent pas bien.

Pour obtenir la température dont nous venons de parler, il suffit de mettre dans le bain-marie, au lieu d'eau ordinaire, une solution de sel marin. En effet, une solution saturée de chlorure de sodium ne bout qu'à 110 degrés.

Une solution de chlorure de calcium serait encore préférable.

Mais cette nouvelle façon d'opérer présente un autre inconvénient : la dilatation de l'air contenu dans les boîtes et la force élastique de la vapeur d'eau, qui, à cette température, sont plus considérables, déterminent une déformation beaucoup plus notable de ces boîtes; quelques-unes peuvent même éclater.

On évite cette difficulté aujourd'hui, dans la plupart des usines, en chauffant les boîtes dans un autoclave contenant de l'eau, que l'on peut dès lors amener à la température voulue : les boîtes étant également pressées en dedans et en dehors ne se déforment plus.

Les boîtes pleines de viande et soudées sont empilées dans une sorte de grand panier de fer percé de trous. Ce panier est introduit dans l'autoclave et repose sur un faux fond perforé, fixé dans l'intérieur de la chaudière au-dessus et à une petite distance du niveau de l'eau. L'autoclave est alors fermé à l'aide d'un couvercle fortement boulonné, puis chauffé à la température de 108 degrés, température qui est indiquée par un thermomètre qui traverse le couvercle. Ce couvercle porte en outre une soupape de sûreté qui se soulève lorsque la vapeur dans la chaudière possède une pression supérieure à celle qui correspond à cette température, c'est-à-dire 1^m,3.

On maintient cette température pendant une demi-heure ou 1 heure, selon le volume des boîtes.

Au bout de ce temps, on ouvre un robinet de vapeur dont la chaudière est munie, de manière à faire tomber la pression, on déboulonne le couvercle, on ouvre l'autoclave, on retire le panier, que l'on remplace immédiatement par un autre, afin de procéder à une autre opération.

Vian­des con­cen­trées et com­pri­mées. — En 1854, des objections ayant été faites au procédé Appert, fondées sur le volume considérable des boîtes par rapport à la matière conservée, M. de Lignac chercha un moyen de remédier à cet inconvénient. Il y parvint de la manière suivante :

La viande désossée, dégraissée en grande partie, est coupée en morceaux à peu près cubiques, ayant de 2 à 3 centimètres de côté. Ainsi préparée, elle est étendue sur des châssis en toile métallique et portée dans une étuve traversée par un courant d'air chauffé entre 30 et 35 degrés. Quand elle a perdu 40 à 50 p. 100 de son eau, elle est introduite dans des boîtes en fer-blanc, dans lesquelles elle est fortement comprimée au moyen de presses à levier, mues à la main, de façon que 1 kilogramme de cette viande, à moitié desséchée, occupe le volume d'un litre. La boîte, remplie avec du bouillon concentré, est soudée avec soin et chauffée dans un autoclave à la température de 112 degrés, comme nous l'avons indiqué précédemment.

Ces conserves constituent un des produits les meilleurs qui aient été faits dans ce genre. La viande concentrée a un goût qui tient le milieu entre celui de la viande bouillie et celui de la viande cuite au four; elle est un peu sèche à manger sans autre préparation, mais cependant agréable. Le meilleur moyen de l'apprêter est de la faire tremper pendant quelque temps (2 ou 3 heures) dans un peu d'eau à une température de 60 à 70 degrés; elle reprend alors toute sa flexibilité et il est difficile de la distinguer de la viande fraîche.

Ce procédé a l'avantage de réaliser une économie de 50 p. 100 sur les boîtes, l'emballage et les transports.

Plusieurs commissions nommées par l'administration de la guerre ont été unanimes pour reconnaître que la viande comprimée de M. de Lignac était la seule conserve, obtenue par la méthode d'Appert, qui pût prendre place dans le sac du soldat en campagne; elles ont aussi constaté la parfaite conservation du produit après 5 années.

Conditions que doivent remplir les boîtes employées pour les conserves Appert. — Nous avons vu que, pour renfermer les conserves Appert, on se servait de boîtes cylindriques en fer-blanc. Il est nécessaire d'employer pour l'étamage de ces boîtes de l'étain pur.

C'est l'une des principales clauses du cahier des charges imposé aux fournisseurs de la marine. Lorsqu'une fourniture de boîtes de conserves est livrée à l'État, ces boîtes sont sérieusement examinées, et si l'étamage ne présente pas la pureté demandée, la fourniture est refusée.

On ne saurait en effet apporter trop de surveillance dans l'acceptation des conserves alimentaires, car lorsque l'étain employé à l'étamage des boîtes est allié à des métaux étrangers, tels que le plomb et le cuivre, ces métaux, atta-

qués par les acides organiques que renferment les conserves, passent en partie dans celles-ci et peuvent avoir une action nuisible.

Ce fait a été mis en évidence par des expériences exécutées en 1881.

On avait prélevé dans les fournitures, faites dans plusieurs de nos arsenaux, un certain nombre de boîtes de conserves Appert, dont le métal avait été trouvé très riche en plomb. La proportion de plomb trouvée oscillait entre 8 et 38 p. 100, et le cuivre entre 1 et 12 p. 100. Il s'agissait de savoir si la viande contenue dans ces boîtes avait emprunté à leurs parois une certaine quantité des métaux qui s'y trouvaient.

Pour le constater, MM. Schützenberger et Boutmy détachèrent dans chaque boîte la couche de viande immédiatement en contact avec l'étamage et détruisirent l'élément organique par l'action prolongée de l'acide azotique pur et bouillant.

Les essais ont porté sur des quantités de viande de bœuf comprises entre 100 et 150 grammes. Ils ont démontré que ces viandes contenaient des quantités de plomb variant entre 8 et 148 milligrammes, des quantités d'étain variant entre 5 et 123 milligrammes et des traces de cuivre pour 100 parties de viande.

Ainsi, il est bien établi que les métaux entrant dans la composition de l'étamage des boîtes passent en petite quantité dans la partie des viandes qui se trouve en contact avec les parois. De là la nécessité d'exclure de cet étamage la présence d'un métal, comme le plomb, dont les sels sont toxiques.

Ce fait pourrait expliquer également le goût particulier, auquel on a donné le nom de goût d'étain, que certaines personnes reprochent aux aliments conservés par la méthode Appert.

Conserves de légumes. — Les conserves de légumes par la méthode d'Appert se préparent de la même manière que les conserves de viande.

Les légumes sont d'abord épluchés et nettoyés, puis plongés dans l'eau bouillante pendant un temps plus ou moins long, suivant la nature des légumes. Après les avoir sortis de ce bain, on les refroidit rapidement et on les introduit dans les boîtes. Celles-ci, une fois soudées, sont introduites dans un autoclave et maintenues pendant 1 heure à une température de 108 à 110 degrés.

Toutefois certains produits, les asperges par exemple, sont introduits dans les boîtes sans avoir été traités préalablement par l'eau bouillante.

On obtient ainsi des conserves qui ont gardé le goût et la couleur des légumes frais. Aussi leur usage s'est-il répandu considérablement.

La consommation de ces légumes conservés a exercé la plus heureuse influence sur la santé des marins, en venant corriger l'influence nuisible d'une nourriture presque exclusivement formée de viandes salées et de biscuit.

La fabrication des conserves de légumes a pris un très grand développement en France : elle est annuellement de 1 à 2 millions de boîtes.

Reverdisage des légumes. — Lorsque, dans la préparation de ces conserves, on chauffe les légumes verts enfermés dans les boîtes à la tempé-

rature de 110 degrés, leur chlorophylle se trouve décomposée et leur couleur devient jaunâtre.

Pour conserver leur coloration verte, on a pensé à les soumettre à l'action du sulfate de cuivre. Ce sel, ajouté à petite dose dans l'eau employée pour leur cuisson, se fixe sur les légumes et leur donne une coloration vert foncé, mais plus bleue que la couleur naturelle.

Ce procédé, critiqué par divers savants, avait été condamné par le Comité consultatif d'hygiène de France, et son emploi défendu par un règlement. A la suite d'un nouveau rapport de M. Grimaux concluant à la parfaite innocuité de cette faible addition de sulfate de cuivre, cette pratique vient d'être légalement admise et la précédente ordonnance retirée.

Mais cet emploi du sulfate ou de l'acétate de cuivre a l'inconvénient de communiquer aux légumes une saveur plus ou moins âcre, de plus les boîtes sont tachées par ces légumes en rouge brun ou en noir, suivant qu'ils ont été traités par le sulfate ou l'acétate.

Depuis 1878, dans certaines usines, on utilise un procédé de reverdissage à la chlorophylle, qui a fait l'objet d'une note présentée à l'Académie des sciences par M. A. Guillemare, le 9 avril 1877.

On opère de la manière suivante :

On traite des épinards ou des feuilles de légumineuses par une lessive de soude caustique. La liqueur obtenue est précipitée par une solution d'alun, qui fournit une laque de chlorophylle qu'on recueille et qu'on lave soigneusement pour la débarrasser du sulfate de soude qu'elle renferme. Pour rendre cette laque soluble, on la traite par une solution de phosphate de soude; on obtient ainsi une liqueur qui contient de la chlorophylle, de l'alumine et du phosphate de soude et qu'on ajoute à l'eau au moment de la cuisson des légumes. Ceux-ci fixent une quantité de chlorophylle d'autant plus grande que le contact est plus prolongé.

On emploie également cet autre procédé :

On fait cuire les légumes dans de l'eau bouillante acidulée d'un peu d'acide chlorhydrique et on y verse une certaine quantité de la solution alcaline de chlorophylle, obtenue par le traitement des épinards et des feuilles de légumineuses par la soude. Il se produit du sel marin, et la matière colorante, devenue libre, se dépose sur l'épiderme des légumes.

La difficulté dans l'emploi des procédés de reverdissage à la chlorophylle réside dans la détermination de la quantité du produit qui se trouve fixé. Si cette quantité est trop grande, le goût des légumes s'en trouve dénaturé. Il résulte que, si par ces moyens on améliore la couleur des légumes, c'est aux dépens de leur qualité.

Conservation du lait. — La méthode d'Appert, appliquée au lait, ne donne que des résultats peu satisfaisants.

Le lait conserve son état primitif pendant un temps assez court : après quelques mois, surtout si les boîtes sont agitées, comme il arrive lorsqu'elles

sont emportées en voyage, les éléments du lait se séparent, la crème se réunit en grumeaux et des flocons de caséine nagent dans le petit-lait.

M. Mabru est parvenu à éviter ces inconvénients en opérant de la manière suivante :

Il emploie des sortes de bouteilles en fer-blanc terminées par un tube de plomb, ayant un diamètre intérieur de 1 centimètre et une hauteur de 3 à 4 décimètres, terminée par un entonnoir. On remplit complètement de lait ces bouteilles jusqu'à la naissance de l'entonnoir, puis on les place dans un bain-marie, de manière à élever leur température jusqu'à 80 degrés, température que l'on maintient pendant 1 heure environ. La chaleur fait dégager les bulles d'air qui pouvaient adhérer aux parois des bouteilles, ainsi que les gaz dissous dans le lait. On laisse alors la température s'abaisser lentement jusqu'à 30 degrés, et avec une pince on vient écraser le tube de plomb à sa partie inférieure. On le coupe alors au-dessus de la portion aplatie et, pour que la fermeture de la bouteille soit assurée, on y met un peu de soudure. Le lait se trouve ainsi privé de gaz et enfermé dans un vase complètement rempli; on empêche ainsi le ballonnement du liquide, qui provoque la séparation du beurre.

Il résulte d'un rapport, présenté par M. Herpin à la Société d'encouragement, que le lait, dans ces conditions, peut se conserver pendant des années en parfait état.

Néanmoins, ce procédé, à cause de sa complication et de son prix de revient élevé, ne s'est pas répandu.

Procédé de M. de Lignac. — En 1847, M. de Lignac indiqua un nouveau procédé de conservation du lait, plus simple que le précédent, et par lequel il arrive à empêcher la crème de se séparer du liquide, à éviter qu'il prenne aucune saveur désagréable et à le préserver de toute altération.

Ce procédé consiste à faire dissoudre du sucre dans le lait, dans la proportion de 75 grammes de sucre par litre de lait, et à concentrer ce lait dans de grandes bassines plates, présentant une grande surface, l'épaisseur de la couche liquide ne dépassant pas 2 centimètres. Ces bassines, en cuivre étamé, reposent sur un vase de même forme, en fonte, plein d'eau, dans laquelle on fait barboter la vapeur venant d'un générateur.

La température à laquelle est soumis le liquide à évaporer est maintenue entre 75 et 80 degrés. Pendant la concentration, le lait est agité incessamment; de cette façon on évite la formation de pellicules, qui ne se délayeraient plus ensuite.

Quand le lait est suffisamment évaporé, qu'il a pris la consistance du miel, ce qui a lieu lorsqu'un litre de lait normal est réduit à ne plus peser qu'environ 200 grammes, il est introduit dans des boîtes de fer-blanc, qui sont ensuite fermées, soudées, puis passées à l'autoclave comme les autres conserves.

Ces boîtes ont été embarquées parmi les approvisionnements de la marine en France et en Angleterre. Au retour d'expéditions, elles ont été trouvées en parfait état. Le produit se présente sous forme d'une masse pâteuse, demi-transparente, se délayant facilement dans l'eau tiède, devenant alors plus opaque et laiteuse. Après l'addition de 4 volumes d'eau de rivière, le liquide offre la com-

position moyenne du lait normal et supporte l'ébullition sans s'altérer. Il bout et monte comme le lait frais et se couvre d'une couche de crème.

Employé dans les préparations usuelles de thé, de café, de chocolat, il serait difficile de distinguer ces aliments de ceux que l'on confectionne avec le lait ordinaire sucré et bouilli.

Pendant quinze jours, les mêmes essais sur une boîte entamée ont donné des résultats analogues. On voit que les produits obtenus par le procédé de Lignac offrent les caractères des substances alimentaires susceptibles d'une longue conservation. (Rapport de Payen à l'Académie des Sciences. — *Comptes rendus*, tome XXIX, p. 493.)

C'est à fort peu près ce même procédé qu'applique une Compagnie anglo-suisse pour fabriquer le *lait condensé*, sur les bords du lac de Zug, près de Lucerne.

On fait dissoudre dans le lait un tiers de son poids de sucre, puis on le concentre dans des chaudières à double fond, chauffées par la vapeur. Ces chaudières, analogues à celles qui servent à la concentration des jus sucrés dans les sucreries, communiquent avec une pompe à air, qui y fait le vide. Grâce à la faible pression qui existe dans la chaudière, le lait y bout à 60 degrés. Quand sa concentration est suffisante, on le fait tomber dans un réservoir, entouré d'eau froide, afin de le ramener rapidement à la température ambiante, et pendant tout le temps que dure son refroidissement, on l'agite constamment. Une fois refroidi, le lait concentré est introduit dans des boîtes en fer-blanc, que l'on ferme et que l'on soude. Chaque boîte renferme 450 grammes de ce produit. Pour obtenir du lait ordinaire, il suffit d'étendre le lait concentré de 3 fois son poids d'eau.

La Compagnie anglo-suisse fabrique chaque jour environ 800 de ces boîtes, ce qui nécessite le traitement du lait de 2.000 vaches.

Conservation des poissons. — Certains poissons, comme la sardine, le thon, l'anchois, etc., sont conservés dans l'huile par la méthode d'Appert.

Le mode opératoire est toujours le même :

Les poissons sont rangés avec soin dans des boîtes en fer-blanc. Quand les boîtes sont bien remplies, on y verse de l'huile, qui remplit tous les vides, on dispose les couvercles que l'on soude à l'étain, puis ces boîtes sont introduites dans un autoclave, au moyen duquel on les soumet à une température de 108 degrés pendant 30 à 40 minutes.

Mais avant d'être introduites dans les boîtes, les sardines doivent avoir subi le salage et la cuisson.

A cet effet, dès que le poisson arrive à l'usine, des femmes, assises devant une table et armées de petits couteaux bien tranchants, lui enlèvent la tête et les intestins, puis aussitôt le mettent dans le sel. Le poisson doit y demeurer pendant un temps déterminé, suivant sa grosseur et sa nature. Quand ce temps est jugé suffisant, on lave le poisson afin de le nettoyer et de le débarrasser de l'excès de sel, puis on le range sur des claies en fil de fer étamé et on le fait sécher au soleil.

Les sardines peuvent être cuites au four, à la vapeur ou encore en les plongeant dans de l'huile chaude. C'est ce dernier procédé qui paraît donner les meilleurs résultats et que l'on emploie le plus aujourd'hui.

Il consiste à plonger les sardines pendant une ou deux minutes dans l'huile d'olive chauffée vers 130 degrés dans des bassines à fond plat, ayant environ 30 centimètres de profondeur.

Toutefois ce procédé présente un inconvénient : pendant la cuisson, la sardine abandonne des déchets, tels que écailles, parcelles de chair, etc., qui, tombant au fond de la bassine et se trouvant en contact des parois soumises à l'action directe du foyer, se carbonisent et donnent à l'huile un goût désagréable.

Pour pallier à cet inconvénient, on doit renouveler fréquemment le bain d'huile, ce qui entraîne une dépense très notable.

La Société commerciale de Lorient évite cette difficulté en employant, au lieu des bassines ordinaires, des chaudières disposées de telle façon que les déchets, dont nous parlons précédemment, ne puissent séjourner sur les parois en contact direct de la flamme. Il a suffi pour cela de donner au fond de la chaudière qui est soumis à l'action du feu une forme convexe. Cette chaudière, dont la section présenterait une figure rappelant celle que donnerait la coupe transversale d'une selle, se termine inférieurement par deux sortes de poches, qui sont tout à fait soustraites à l'action du foyer.

C'est dans ces poches que viennent s'accumuler les déchets, et comme la température n'y dépasse pas 80 degrés, il ne peut en résulter aucune conséquence fâcheuse. A la partie supérieure de la chaudière, la température de l'huile est d'environ 130 degrés; on y introduit des grils ou paniers carrés de 50 centimètres de côté renfermant les poissons.

En sortant de l'huile, les sardines sont soumises à l'égouttage, puis au séchage. En l'absence du soleil, cette dernière opération se fait à la chaleur d'un calorifère. Il n'y a plus alors qu'à introduire les poissons dans les boîtes.

On ne compte pas, en France, moins de cent cinquante usines marchant plus ou moins activement et s'occupant de la préparation des conserves de sardines. Ces usines s'échelonnent sur toute la côte dans le voisinage des lieux de pêche, depuis les Sables-d'Olonne jusqu'à Douarnenez.

Ces usines emploient ensemble un personnel d'environ 500 ouvriers, 13.500 ouvrières, 1.500 à 2.000 ferblantiers soudeurs. Enfin on peut estimer à 15 ou 20 mille le nombre des marins qui sont occupés à la pêche de la sardine.

La production annuelle de ces usines peut s'élever en moyenne à 20 millions de kilogrammes, représentant, au prix de 2 francs à 2 fr. 50 le kilogramme, une valeur de 40 à 50 millions de francs.

Ce rendement moyen de 20 millions de kilogrammes se décompose ainsi :

Poisson	8.400.000	kilogrammes, soit	42 p. 100
Huile	6.000.000	—	30 —
Fer-blanc et soudure.	5.600.000	—	28 —

Si l'on suppose, ce qui est très sensiblement exact, qu'un kilogramme soit

représenté par 4 boîtes, on a un total de 80 millions de boîtes fabriquées annuellement. En 1876, on en a exporté 48.593.000.

Nous avons vu que, pendant longtemps, on a expliqué la conservation des substances alimentaires dans la méthode Appert par l'absence de toute trace d'oxygène en contact avec ces substances. On comprend dès lors que l'on ait cherché des moyens plus simples pour obtenir ce résultat. C'est en partant de cette idée qu'un grand nombre de procédés de conservation ont été imaginés, lesquels, reposant sur un principe inexact, devaient conduire à des résultats en général assez mauvais.

Nous mentionnerons cependant quelques-uns de ces procédés, mais en nous bornant à les décrire d'une façon très sommaire.

Procédé de Sweeny. — Ce procédé consiste à remplir un vase avec de l'eau privée d'air par une ébullition prolongée, et à y introduire d'abord une certaine quantité de limaille de fer, puis la viande à conserver, enfin à verser au-dessus de l'huile de manière à en former une couche de 2 centimètres d'épaisseur.

Cette couche d'huile ne se laisse traverser par l'air que très difficilement, et la petite quantité d'oxygène, qui pourrait arriver jusqu'à l'eau, est immédiatement absorbée par le fer. D'après l'auteur, la viande, dans ces conditions, pourrait se conserver quelques mois sans altération.

Enrobage des viandes. — C'est Vilars, de Bordeaux, qui, le premier, en 1769, proposa de recouvrir d'une couche de gélatine les viandes que l'on voulait conserver, afin de les mettre à l'abri du contact de l'air.

Plus tard, Darcet reprit la même idée et fit d'assez nombreuses expériences.

En 1854, une société, qui avait pris le titre de *Société générale de conservation des viandes*, se proposa d'exploiter ce procédé industriellement.

L'Administration de la Guerre et celle de la Marine firent des expériences pour juger la valeur de ce mode de conservation, lesquelles donnèrent de très mauvais résultats.

Nous aurions même passé sous silence ce procédé, dit de l'enrobage des viandes, si, plus récemment, un ingénieur, M. Marle, n'était arrivé à en tirer un parti avantageux, en y apportant des modifications heureuses.

M. Marle expose d'abord, pendant un certain temps, les morceaux de viande qu'il veut conserver à l'action d'un feu ardent, et c'est seulement après cette première opération qu'il les recouvre d'un enduit de gélatine, en les plongeant pendant 5 à 6 minutes dans un bain de gélatine chauffé à 80 degrés, puis les suspendant à l'air libre jusqu'à complète solidification de l'enduit.

La viande ainsi traitée peut se conserver pendant plusieurs mois.

Ce résultat s'explique facilement : en soumettant la viande à l'action de la chaleur rayonnante d'un foyer, non seulement on élimine une partie de l'eau

qu'elle renferme, mais on provoque la mort des germes qui peuvent exister à sa surface. Dès lors on écarte toute cause d'altération, si la gélatine peut résister aux causes d'altération venant de l'extérieur.

Pour rendre cet enduit de gélatine plus efficace, M. Jobard, de Bruxelles, a proposé d'en tanner la couche superficielle, en plongeant la viande enrobée dans une solution de tannin contenant 200 grammes de cette substance dissoute dans 5 litres d'eau. Il se produit ainsi, autour de la viande, une pellicule imputrescible et non cassante.

Enfin, pour que, dans les transports, la couche protectrice de gélatine ne subisse pas d'altération, il est prudent d'enfermer ces conserves dans des caisses au milieu de poudre de tan.

En Angleterre, M. Redwood a remplacé la gélatine par la paraffine pour la conservation des viandes.

On peut ranger dans cette catégorie les procédés qui consistent à conserver la viande ou d'autres substances alimentaires en les plongeant dans de la graisse ou dans l'huile, ou encore en les comprimant fortement dans des intestins, après les avoir en partie salées et séchées, comme le font les charcutiers.

Les conserves dans l'huile ou la graisse sont très bonnes, mais d'un prix élevé : ce sont des aliments de luxe.

Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur l'action du froid.

Les procédés de conservation des viandes par le froid sont aujourd'hui certainement les plus importants.

Il n'est pas douteux que les conserves, obtenues par les méthodes dont nous avons parlé précédemment, rendent de réels services aux marins, aux troupes en campagne, aux voyageurs, en un mot, à tous ceux qui ne peuvent se procurer des viandes fraîches pour leur alimentation.

Mais elles ne résolvent pas le problème, dont nous avons parlé au commencement de ce travail, et qui consiste à faire profiter l'Europe des immenses troupeaux que l'Amérique méridionale, l'Australie, etc., ne peuvent utiliser convenablement.

En effet, la viande desséchée, qui est la base de l'alimentation des Indiens et des Espagnols des classes pauvres, dans l'Amérique du Sud, n'a jamais été acceptée par les populations de l'Europe. La viande salée n'a plus la valeur nutritive de la viande fraîche; de plus elle constitue une nourriture peu hygiénique. Les conserves Appert sont bien préférables, mais aussi elles sont d'un prix assez élevé, par suite des frais d'installation des usines et de la main-d'œuvre assez compliquée que nécessite leur préparation. La viande conservée par ce procédé peut être livrée à 1^r,40 ou 1^r,50 le kilogramme, c'est-à-dire à peu près le prix de la viande fraîche.

Enfin il n'est pas douteux que les consommateurs ont une certaine prévention contre les conserves; ils ne les accepteront que contraints et forcés.

Il n'y avait donc qu'un moyen de faire admettre les conserves par tout le monde, c'était de faire en sorte de leur donner l'apparence de la viande fraîche et de les vendre comme telle.

La conservation par le froid seule permettait d'obtenir ce résultat.

L'emploi de la glace pour la conservation des substances alimentaires est depuis bien longtemps déjà en usage dans certains pays du Nord.

En Russie, de grandes quantités de viande et de poisson, qui ont été soumises à la congélation pendant l'hiver, sont conservées pendant plusieurs mois dans des glaciers, sans que leur saveur soit modifiée d'une façon appréciable.

A Saint-Petersbourg, on conserve ainsi dans la glace des gélinotes, des coqs de bruyère, etc., jusqu'à une époque très avancée de l'été.

C'est également enveloppé de glace qu'arrive à Londres le poisson et notamment le saumon, provenant du nord de l'Écosse.

Il était naturel d'avoir recours au même moyen pour transporter en Europe les viandes fraîches d'Australie et d'Amérique.

Il suffisait d'installer sur le navire devant servir au transport de ces viandes des chambres spéciales pour les contenir, dont la température fut maintenue constamment dans le voisinage de zéro.

Le premier essai de ce genre a été fait au Texas :

On reçut en Angleterre, en 1870, des chargements de viandes fraîches parfaitement conservées par ce procédé, provenant de ce pays. En 1873, une autre cargaison de viande de 15.000 kilogrammes fut expédiée de Melbourne à Londres.

En 1877, un navire de 900 tonneaux, construit spécialement dans ce but par une compagnie française, le *Frigorifique*, muni d'une machine à glace du système Ch. Tellier, apporta au Havre un chargement de viande de Buenos-Ayres, qui fut vendue à Paris et trouvée excellente.

Depuis, l'importation en Angleterre des viandes fraîches provenant des États-Unis a pris une grande extension, et plusieurs steamers, munis d'appareils réfrigérateurs, font un service régulier entre New-York et Liverpool.

La viande abattue est déposée, en attendant son embarquement, dans des magasins où la température est maintenue à $+ 4$ degrés. Lorsque le navire est prêt à partir, on y transporte rapidement cette viande et on la place dans les appareils réfrigérateurs.

Ces appareils sont de plusieurs sortes : tantôt, ainsi qu'on opère à bord du *Celtic*, bâtiment de la Compagnie transatlantique Whitestar et C^e, la viande est renfermée dans des compartiments constamment traversés par un courant d'air frais. Ces compartiments sont construits dans l'entrepont des navires et protégés par une triple cloison de bois à joints alternatifs, recouverte de papier goudronné sur les deux faces et laissant entre chaque épaisseur un espace vide de 3 à 4 centimètres, ce qui constitue une muraille aussi impénétrable à l'air que possible.

Une glacière est construite sur un des côtés du réfrigérateur : 50 tonnes de glace sont nécessaires pour conserver 60 tonnes de viande. Un ventilateur est placé dans la chambre et mis en mouvement par une petite machine à vapeur installée sur le pont.

Le courant d'air frais est apporté dans le réfrigérateur par des tuyaux qui partent du ventilateur et traversent la glacière. Pendant toute la durée du voyage, la température de ce courant d'air est maintenue aussi près que possible de 2 à 3 degrés au-dessus de zéro. L'air froid arrive dans les chambres à viande par la partie supérieure et sort par la partie inférieure pour retourner à la glacière; de sorte que le même air circule continuellement dans ces divers compartiments en passant à chaque tour dans la glacière, où il se refroidit, avant de rentrer dans les chambres où se trouvent les viandes.

Sur d'autres navires, on procède par voie de rayonnement : le réfrigérateur est toujours placé dans l'entrepont du navire. Les parois, parfaitement impé-

nétrables à l'air, sont entièrement couvertes à l'intérieur de tuyaux juxtaposés, dans lesquels une pompe fait incessamment circuler de la saumure puisée dans un réservoir contenant 80 boisseaux de sel et 40 tonnes de glace, où elle est ramenée au fur et à mesure qu'elle a parcouru le circuit. Ces quantités sont suffisantes pour conserver en parfait état cent bœufs pendant 13 ou 14 jours, durée du voyage d'Amérique en Angleterre.

On assure que le rayonnement du froid dégagé des tuyaux atteint à une distance de 6 mètres : au delà de cette portée, il faut établir un système de tuyaux additionnels rattachés au réservoir, lequel reçoit à volonté un supplément de sel et de glace. La température dans les chambres à viande doit être entretenue, comme précédemment, aussi près que possible de 2 degrés.

Sur le navire le *Frigorifique*, l'air, injecté dans les chambres renfermant les viandes, était refroidi par son passage dans des cylindres contenant des tubes, dans lesquels circulait une solution de chlorure de calcium, dont la température était de — 10 degrés. Cet abaissement de température de la solution de chlorure de calcium était obtenu par la vaporisation d'éther méthylique dans des récipients clos que traversait la solution avant de se rendre dans les cylindres. L'éther méthylique était ensuite ramené à l'état liquide par une compression convenable et pouvait ainsi servir constamment, sauf la perte due aux fuites.

La viande, qui n'est pas immédiatement vendue à son arrivée en Europe, est transportée dans des magasins où la température est maintenue au même degré que dans les chambres des navires, et celle qui doit être expédiée par chemin de fer est placée dans des wagons rafraîchis par des procédés analogues à ceux employés à bord des bateaux.

Les premiers essais de transport en France de viandes américaines conservées par le froid ne donnèrent pas de résultats satisfaisants : ces viandes arrivèrent en parfait état de conservation ; néanmoins le public ne les accueillit qu'avec une certaine répugnance. Aussi la tentative faite par le *Frigorifique* échoua ; il en fut de même de celle de la Société l'*Argentine*, en 1887.

Ces échecs peuvent être attribués, au moins en grande partie, à l'aspect particulier, au ton noirâtre, peu agréable à l'œil, que présentaient ces viandes importées.

Ce défaut devait nécessairement avoir une influence fâcheuse en France, à Paris surtout, où le public, habitué à voir les viandes de boucherie parées avec soin, fait grand cas de leur apparence extérieure.

Il n'en est pas de même en Angleterre où les bouchers s'inquiètent peu de présenter leurs marchandises sous un aspect appétissant, on s'y est bien vite accoutumé à la couleur des viandes conservées par le froid.

Depuis quelques années, MM. Sansinena et Lafabrigue sont parvenus à conserver à la viande décongelée l'aspect de la viande fraîche ; aussi leur entreprise a-t-elle complètement réussi : la Compagnie Sansinena importe par an environ 37.000 moutons de la Plata à Paris et une certaine quantité au Havre, à Dunkerque et à Rouen.

Nous donnons plus loin des renseignements détaillés sur les procédés de conservation employés par cette Compagnie.

Dans ces dernières années, la conservation des viandes par le froid a été l'objet de nombreux travaux qui permettent de regarder comme très prochaine la solution complète de cet important problème.

Nous trouvons des renseignements très intéressants sur cette question dans un rapport présenté en 1889 au Conseil municipal de Paris par M. Deligny, au nom de la commission de ravitaillement, sur l'établissement d'entrepôts frigorifiques pour la conservation des viandes en cas de siège et en service ordinaire.

« La consommation journalière des viandes à Paris et dans le camp, est estimée par la Commission locale, en cas de siège, à 620.000 kilogrammes environ, y compris les besoins de la garnison.

« Les ressources permanentes d'animaux à l'élevage dans les départements qui nous entourent sont extrêmement considérables, elles sont constamment recensées et leur mobilisation toujours préparée s'effectuerait avec la plus grande exactitude. L'immense troupeau arriverait en temps utile dans le camp.

« Le meilleur usage à en faire est une question d'économie et de bonne administration.

« Il apparaît tout d'abord que les animaux éloignés de leur lieu d'élevage éprouvent un rapide et notable dépérissement. Il est non moins évident que leur nourriture sera toujours relativement onéreuse et enfin qu'ils seront exposés aux épizooties causées et aggravées par les grands rassemblements.

« Il y aura donc un incontestable avantage à abattre le troupeau au fur et à mesure de son arrivée, si l'on a les moyens de conserver la viande abattue.

« Il faut d'abord que ces moyens soient efficaces; il faut aussi qu'ils n'amènent pas une dépréciation de la valeur commerciale ordinaire de la viande et ne rendent pas difficile ou impossible son utilisation et sa vente, si les événements faisaient renoncer au maintien des approvisionnements de ravitaillement.

« Or les salaisons et les conserves de viande de boucherie, qui, dans d'autres pays, sont de consommation courante, ne sont pas acceptées chez nous en dehors des populations maritimes embarquées.

« Il faudrait donc à tout prix conserver sur pied le troupeau de ravitaillement tout entier si, en dehors des fabrications de conserves ordinaires, une application récente de la science à l'industrie ne nous donnait pas un moyen certain de conservation des viandes, sans altération de leur valeur commerciale.

« Ce moyen, c'est l'application du froid qui est aujourd'hui absolument entrée dans la pratique et dont les résultats entièrement probants sont confirmés par des opérations de commerce régulières et d'une importance colossale.

« Nous avons pu étudier sur place non pas des essais, mais des applications pratiques de plusieurs années, progressivement perfectionnées, de procédés de conservation des viandes de boucherie, dans les conditions de service ordinaire courant.

« Nous avons pu, d'un autre côté, constater les résultats décisifs de l'application du froid pour les transports de viande très lointains et pour des conservations à longs termes. Ces résultats ne sont plus ceux de simples expériences, ce sont ceux d'opérations commerciales portant chaque mois sur des millions

de kilogrammes de viande et qui ont fait, des pâturages australiens et des pampas de la Plata, les pourvoyeurs de viande de la vieille Europe.

« L'air doit être le seul véhicule du froid appliqué aux viandes. Le contact de la glace avec les viandes leur apporte en fondant une humidité qui leur est nuisible et qu'il faut absolument éviter.

« L'air froid doit arriver absolument sec au contact des viandes de façon qu'il tende à les dessécher et jamais ne leur apporte d'humidité. La température de l'air doit varier suivant qu'il s'agit de conserver des viandes en service ordinaire dans un entrepôt où elles ne font qu'un séjour de courte durée après un déplacement restreint et ne sortent que pour être livrées immédiatement à la consommation, ou suivant que les viandes sont destinées à une longue conservation avec ou sans déplacement lointain. C'est ce que nous appelons la conservation en service extraordinaire.

« Les conditions de conservation des viandes dans l'un ou l'autre service sont différentes; nous examinerons d'abord celles qui concernent le service ordinaire.

« L'abaissement de la température entre 0 degré et + 3 degrés, lorsque cet abaissement a été obtenu pour toute la pièce de viande, avant l'entrée en action des germes de putréfaction, assure la conservation et empêche l'action de ces germes.

« Quand une viande a été portée dans l'entrepôt frigorifique 4 à 5 heures après l'abatage et le dépeçage de l'animal et qu'elle a été rapidement et totalement ramenée à la température de 0 degré à + 3 degrés, elle peut être conservée pour ainsi dire indéfiniment sans entrer en putréfaction dans l'entrepôt. Avec le temps, le renouvellement incessant de l'air sec desséchera peu à peu cette viande, elle se boucanera, prendra un goût de vieux. Elle sera dépréciée, mais restera comestible, sans danger pour la santé.

« Pour que ce résultat soit obtenu à cette température, il faut que les pièces de viande restent isolées les unes des autres et constamment baignées d'air.

« Telles sont l'opinion et la pratique des directeurs et exploitants d'entrepôts frigorifiques, quant aux viandes qui n'ont subi aucun déplacement autre que le transport entre l'abattoir et l'entrepôt dans les 4 à 5 heures après l'abatage et le dépeçage.

« Lorsque les viandes abattues auront éprouvé un déplacement de plus de 5 heures mais ne dépassant pas 20 à 24 heures, dans des véhicules convenablement refroidis, il suffira, pour une conservation à court terme, de les abaisser le plus rapidement possible, très près de 0 degré, pour les garder dans l'entrepôt.

« L'apport de l'air froid dans les entrepôts de service ordinaire doit être activé lors de l'introduction de viandes fraîches dans le magasin. Cette activité doit être prolongée jusqu'à ce que la viande tout entière ait pris la température de l'entrepôt, limitée entre 0 degré et + 3 degrés. L'arrivée de l'air froid doit être également activé pendant les heures consacrées soit à l'entrée, soit à la sortie des viandes.

« Pendant le temps de clôture de l'entrepôt, l'apport de l'air froid doit être strictement limité à ce qui est nécessaire au maintien de la température; on ne doit pas inutilement provoquer des courants d'air qui détermineraient sans utilité une dessiccation de la viande nuisible à sa valeur.

« En service extraordinaire, lorsque les viandes auront à subir un long trans-

port ou qu'elles devront être l'objet d'une conservation à long terme, la congélation rapide et complète avant le départ et 4 à 5 heures après l'abatage et le transport dans des véhicules maintenus à 0 degré et au-dessous, sont indispensables pendant et après le transport. Dans ces conditions, la conservation indéfinie est assurée, sans altération, dans des entrepôts restant à peu près constamment fermés et sans autre renouvellement d'air que celui nécessaire au maintien du froid.

« Les viandes congelées et maintenues congelées peuvent être entassées et pressées dans des magasins maintenus très froids. Ce fait est essentiel à considérer lorsqu'il s'agit d'opérer rapidement et avec la moindre dépense un approvisionnement considérable.

« Ajoutons que dans un magasin maintenu à quelques degrés au-dessous de 0 degré, la dessiccation des viandes n'est plus à craindre, attendu qu'à ces basses températures la tension de la vapeur d'eau devient tellement faible que l'on peut considérer l'évaporation comme nulle.

« En résumé, dans tous les cas, soit pour la conservation à court terme, soit pour un long séjour dans les entrepôts, il est indispensable qu'aussitôt après l'abatage la viande soit amenée à une température de 0 degré à + 3 degrés pour le premier cas, et soit congelée pour le second cas, et cela dans un délai ne laissant pas aux germes de l'altération organique le temps d'entrer en action.

« Nous insistons absolument sur cette condition et c'est souvent parce qu'on ne l'avait pas observée rigoureusement que des échecs ont été constatés.

« Pour le service ordinaire, un abaissement rapide à 0 degré sans congélation est suffisant. Il faut seulement le continuer jusqu'à ce que toute l'épaisseur des pièces de viande accrochées séparément les unes des autres ait été abaissée à la température voulue de 0 degré à + 3 degrés. Il n'y a plus ensuite qu'à entretenir dans cet état tout l'entrepôt, en faisant un apport d'air froid qui compense les pertes de froid dues aux parois du local et aux entrées et sorties nécessaires au service.

« Pour le service extraordinaire d'approvisionnement, la viande doit être congelée, et dans cette opération il y a des précautions à prendre pour que la viande ne perde pas de sa valeur commerciale; il y en aura aussi à observer lorsqu'il s'agit de la dégeler.

« La première condition à remplir, c'est que la viande n'ait pas sa fibre altérée. Pour cela, il faut conserver à cette fibre son élasticité jusqu'au moment où les liquides de la viande se congèlent, de manière à ce que, au moment de la congélation, la dilatation qu'éprouve l'eau en cristallisant ne rompe pas les cellules et ne prépare pas un magma informe lorsque le dégel sera opéré.

« Il faut donc que la congélation ne soit pas trop brusque et trop violente à l'origine, mais au contraire progressive et par propagation de proche en proche, sans violence et sans à-coup.

« On prépare ainsi très facilement la congélation des moutons et des petites viandes. Les importateurs de la Plata apportent de ces viandes irréprochables de préparation et de conservation.

« Jusqu'à présent l'importation était restreinte aux moutons. Les quartiers de bœuf n'étaient pas arrivés dans de bonnes conditions. Les bouchers importa-

teurs assurent avoir récemment réussi la préparation des quartiers entiers de bœuf par un perfectionnement des moyens de refroidissement, sans altération de la fibre et sans dépasser la limite de temps après l'abatage dans laquelle le refroidissement doit être opéré.

« Quoiqu'il en soit, pour une congélation des grosses pièces de viande pour ravitaillement, on peut sans hésiter débiter les quartiers et ramener les morceaux à congeler à la dimension des quartiers de moutons.

« Le dégel de la viande doit être opéré avec des précautions particulières. Tout d'abord, il doit être évité en cours de route. Si toutefois il a commencé sans que la température de la viande ait dépassé 3 à 4 degrés, il suffira de recongeler la viande avant son entrée au dépôt, sinon il faudra la livrer à la consommation le plus tôt possible et en la plaçant dans tous les cas, jusqu'au moment de l'enlever, dans l'air froid et sec.

« La viande congelée peut être poussée à un abaissement considérable de température, de manière à faciliter sa préservation contre le dégel en route par des enveloppes isolatrices ou dans des véhicules refroidis.

« A sa sortie du dépôt, la viande doit être réchauffée lentement, autant que possible dans un milieu qui soit froid lui-même, bien que moins froid que la viande et dans tous les cas sec et même desséchant. Il faut éviter absolument que, pendant son réchauffement, la viande se couvre de givre ou d'humidité par la condensation à sa surface de la vapeur d'eau de l'air ambiant.

« Lorsqu'on n'a pas d'air froid et sec à sa disposition, il faut placer la viande à dégel dans un courant d'air qui emporte la vapeur d'eau à mesure de sa production.

« Les bouchers qui achètent et débitent des viandes congelées sont bien au courant de cette manipulation et, sans la différence de race des moutons, il serait bien difficile dans certaines boucheries de distinguer un mouton importé congelé et un mouton abattu à la Villette.

« Il résulte des nombreux témoignages que nous avons recueillis, que l'air doit être le seul véhicule du froid dans l'entrepôt lui-même, que cet air doit arriver très sec et que, sortant réchauffé et imprégné de l'humidité des viandes, il doit être, s'il rentre dans l'entrepôt, refroidi et desséché au dehors.

« Le refroidissement de l'entrepôt par des surfaces réfrigérantes doit être abandonné : il l'est par les meilleurs praticiens.

« Dans les entrepôts de service ordinaire, l'espace, autant que possible, ne doit pas être ménagé, afin de faciliter les opérations journalières des bouchers pour l'entrée et la sortie des marchandises. En ne logeant que 100 kilogrammes de viande par mètre cube de capacité des loges de l'entrepôt, on est dans les conditions d'un étal de boucher. Si l'on va à 200 kilogrammes, les mouvements deviennent difficiles, surtout pour les grosses viandes ; à 150 kilogrammes, ils ne sont que gênés. Les couloirs de service augmentent d'un tiers la capacité totale.

« Un entrepôt installé à 100 kilogrammes par mètre cube de capacité de loges coûtera environ 100.000 francs pour 50.000 kilogrammes, soit 2.000 francs par 1000 kilogrammes de viande logée et 200 francs par quintal métrique. Le logement à 200 kilogrammes coûtera proportionnellement moitié moins, soit 1000 francs par tonne et 100 francs par quintal métrique.

« Dans les entrepôts pour service d'approvisionnement, l'expérience indique que l'espace à occuper doit être divisé en compartiments ou cases recevant les moutons entiers, ou les quartiers de grosse viande convenablement divisés de manière à utiliser l'espace le plus complètement possible, mais sans compression de la marchandise.

« Dans ces conditions, le mètre cube de capacité de loges peut recevoir facilement 500 kilogrammes de viande. Donc, pour l'approvisionnement de 300.000 quintaux métriques, prévu par la Commission, il faudrait une capacité de 60.000 mètres cubes de loges, soit de 75.000 mètres cubes, couloirs compris.

« Les frais d'établissement et de fonctionnement des entrepôts de service extraordinaire seront les mêmes à capacité égale que ceux des entrepôts de service frigorifique ordinaire, soit 200 francs par mètre cube de capacité utile, appareils de réfrigération compris.

« Ces appareils, malgré le froid plus intense à maintenir dans des magasins de viande congelée, ne coûteront pas plus cher de construction et d'entretien que ceux du service ordinaire, parce que dans ces magasins, il n'y a pas de renouvellement journalier des viandes, ni les entrées et sorties nombreuses auxquelles donnent lieu les renouvellements. Toutefois les appareils devront être doublés et être en outre établis dans des conditions particulières pour pouvoir congeler en 30 jours, et à raison de 10.000 quintaux par jour, la réserve demandée par la Commission locale.

« D'après nos renseignements d'exploitation en cours, nous pouvons considérer qu'un prix de location des chambres frigorifiques en service ordinaire pendant 6 mois, à raison de 0^f,20 par mètre cube de capacité et par jour, sera très largement rémunérateur pour l'intérêt, l'amortissement, l'entretien, les frais, etc.

« Le mètre cube recevant en moyenne 100 kilogrammes de viande ou de denrées assimilables, cela donnera une dépense de 0^f,002 par kilogramme de viande par jour, soit, pour un séjour moyen de 3 jours et demi, une dépense de 0^f,007.

« Cette charge est si faible, en comparaison des avantages qu'elle apportera, que nous ne doutons pas que ces magasins soient utilisés en tous temps par le commerce de détail.

« En service de ravitaillement, les entrepôts contenant 500 kilogrammes au mètre cube au lieu de 100 kilogrammes, l'entretien coûtera par jour 0^f,000 $\frac{1}{2}$ et par mois 0^f,0012. Pour 6 mois, ce serait 0^f,0072; la nourriture du troupeau coûterait par kilogramme et par jour 0^f,009, et avec les soins et les déchets 0^f,015; en 100 jours, 1^f,50; en 200 jours, 3 francs.

« On voit quelle prodigieuse économie peut apporter la conservation frigorifique dans le ravitaillement. »

Expériences faites pendant l'Exposition de 1889. —

A l'Exposition universelle de 1889, dans l'emplacement réservé au ministère de la guerre, sur l'esplanade des Invalides, était installé un pavillon frigorifique pourvu d'une machine Fixary de 5.000 calories à l'heure. La salle de conservation avait une capacité de 50 mètres cubes.

La Chambre syndicale de la boucherie de Paris exécuta dans ce pavillon, pen-

dant 3 mois, des expériences de conservation des viandes. Nous empruntons au rapport du président de la Chambre syndicale, M. Lioré, les renseignements ci-dessous :

« Le point capital sur lequel nous avons concentré nos expériences a été la conservation de la viande à l'état frais, sans aucune congélation.

« Le 24 juillet on plaça dans la chambre froide un quartier de bœuf et quatre moutons. Cette viande provenait d'animaux abattus le jour même.

« Les résultats constatés ont été les suivants :

« Le bœuf a été conservé pendant 1 mois sans subir d'autres pertes que celles de poids résultant de la dessiccation. On peut l'évaluer à 5 ou 6 p. 100 au plus. Après une période de 6 semaines, il a subi un nouveau déchet par suite du rafraîchissement des coupes et des parties superficielles. La perte provenant de ce chef, ajoutée à celle signalée ci-dessus, représenterait une perte de poids de 12 p. 100 environ.

« Enfin, après un séjour de 2 mois à 2 mois et demi dans l'appareil frigorifique, la viande subirait une plus grande dépréciation ; car, outre la perte de substance déterminée par le rafraîchissement des parties superficielles, il faudrait ajouter l'inutilisation des parties minces qui, comme la bavette, perdaient toutes leurs propriétés comestibles par suite de l'accentuation de l'état de sécheresse. Dans les parties épaisses, comme la cuisse, par exemple, la conservation s'établit parfaitement, la perte de poids devient insignifiante, car la dessiccation n'atteint que les parties superficielles. En effet, après avoir enlevé la graisse qui tapissait la cuisse, nous avons constaté que la couche de dessiccation était superficielle et n'avait guère qu'une épaisseur d'un millimètre environ.

« Le mouton entier s'est admirablement comporté pendant une durée de 30 à 40 jours. Passé ce laps de temps, le mouton écaillé s'est trop desséché, et il aurait été imprudent de le conserver davantage. D'ailleurs, le mouton étant moins épais que le bœuf, se détériore plus vite par la sécheresse, et la perte de poids est deux fois plus sensible que celle du bœuf.

« Il résulte donc de ces expériences, qu'il ne faudra pas espérer conserver la viande à l'état frais pendant une période de plus de 6 semaines à 2 mois, sans quoi on s'exposerait à de trop grandes pertes provenant de la dessiccation et du déchet résultant du rafraîchissement de la viande. Pour la conserver au delà de 2 mois, il sera indispensable de la congeler à basse température et de la maintenir ensuite dans un entrepôt frigorifique à une température de 3 à 4 degrés au-dessous de 0 degré. Dans cet état, elle pourra être conservée pendant plusieurs mois. »

Expériences de Billancourt. — Le gouvernement français, considérant que la conservation des viandes par le froid peut rendre de grands services pour le ravitaillement des troupes en campagne et pour l'alimentation des villes assiégées, a décidé la création d'entrepôts frigorifiques dans plusieurs villes du territoire. A cet effet, en 1889, une Commission, composée de savants éminents, sous la présidence de M. Berthelot, fut chargée d'indiquer d'une manière précise les conditions auxquelles ces entrepôts devaient satisfaire pour assurer la conservation parfaite des viandes pendant des années entières.

Cette Commission, à la suite d'expériences multipliées, effectuées à l'usine de Billancourt, dépendant du ministère de la guerre, reconnu que la température de 2 degrés, ordinairement adoptée pour la conservation des substances alimentaires par le froid, qu'en général une température voisine de 0 degré, est incapable d'assurer la conservation des viandes pendant un temps prolongé.

A cette température, les altérations ne se produisent, il est vrai, qu'avec une très grande lenteur, mais elles deviennent appréciables au bout d'un temps suffisant.

Ce résultat est d'ailleurs d'accord avec ce que nous avons dit de l'action du froid sur les germes : la température de zéro est absolument incapable de les tuer; elle ne fait que les engourdir et entraver leur prolifération.

Pour assurer la conservation en quelque sorte illimitée des viandes, la Commission a constaté qu'il est nécessaire de les congeler et pour cela de les soumettre à un froid de — 20 degrés environ, puis de les maintenir dans cet état de congélation aussi longtemps que doit durer la conservation, et pour cela une température de — 4 degrés est suffisante.

Dans l'opération, il faut donc distinguer deux temps : pendant le premier, aussi court que possible, la viande est congelée dans un appareil spécial; pendant le second, qui peut durer aussi longtemps qu'il sera nécessaire, la viande gelée est emmagasinée dans une chambre où l'on entretient une température de — 4 degrés.

Au sujet des procédés qui peuvent être employés pour produire la congélation des viandes, nous reproduirons la note (1) présentée à l'Académie des sciences par M. Sehllesing, membre de la Commission dont il est parlé plus haut :

« Le procédé le plus simple serait de plonger dans le liquide froid la viande protégée par une enveloppe étanche. Mais, quand on opère de la sorte en grand, sur des demi-bœufs ou des veaux, moutons ou porcs entiers, on constate qu'il faut au moins soixante heures pour obtenir une congélation intégrale.

« Si le fluide réfrigérant était de l'air, il serait permis de le mettre en contact direct avec la viande; on pourrait d'ailleurs l'animer d'une certaine vitesse et en faire une sorte de bise glaciale. Il est très facile de faire passer le froid d'un courant liquide à un courant d'air sans avoir recours à ces surfaces étendues et coûteuses par lesquelles on a l'habitude de séparer les fluides, eau, vapeur, gaz, qui doivent échanger de la chaleur; il suffit d'arroser du liquide des fragments de coke entassés dans une tourelle et de forcer l'air à traverser ces fragments. Les échanges thermiques sont alors presque instantanés.

« Ce mode de refroidissement de l'air présente sur les autres l'avantage de supprimer le givre. Veut-on refroidir l'air mécaniquement, par compression suivie de détente, son humidité devient une poussière glacée dont il faut le purger. Fait-on circuler l'air à la surface d'appareils tubulaires parcourus à l'intérieur par le liquide froid, les surfaces des appareils se couvrent bientôt d'une couche de glace qui s'oppose aux échanges thermiques. Quand, au contraire, l'air est refroidi au contact direct du liquide, il est en même temps dépouillé par

(1) *Comptes rendus*, t. CXL, p. 33 (13 juillet 1890).

lui de sa vapeur d'eau. Il pourra prendre de l'humidité à la viande ; il ne lui en cédera point.

« Mais les échanges thermiques entre l'air et la viande n'ont pas la rapidité et la perfection qui les caractérisent, quand ils se font dans une tourelle à coke, entre un courant d'air et un courant de liquide.

« Si donc l'air refroidi était incessamment renouvelé, il emporterait avec lui dans l'atmosphère, en pure perte, la majeure partie du froid emprunté au liquide. Il faut que la même masse d'air, renouvelée seulement dans la mesure nécessaire pour atténuer les odeurs, circule du liquide à la viande et de la viande au liquide.

« En définitive, on utilisera convenablement un liquide réfrigérant en suspendant des animaux de boucherie dépouillés des issues dans une enceinte limitée par des parois non conductrices, en installant dans le voisinage immédiat de cette enceinte une tourelle à coke arrosé du liquide froid et en faisant circuler une même masse d'air entre l'enceinte et la tourelle.

« Ce procédé, proposé à la Commission par un de ses membres, va être prochainement expérimenté. Il ne faudrait pas croire que l'emploi de l'air froid soit pour congeler de la viande, soit pour la maintenir à basse température, fût chose nouvelle. Il est pratiqué en grand dans plusieurs villes, à l'étranger. Il est surtout en usage à bord des navires qui apportent en Europe les viandes de la Plata et de l'Australie. Ce qui est nouveau, croyons-nous, c'est la transmission du froid d'un liquide à l'air par une tourelle à coke, qui est l'appareil le plus simple et le plus parfait qui puisse être employé à cet effet. »

Description de l'appareil adopté par la Commission.

— Tout d'abord, il a paru avantageux de placer la tourelle à l'intérieur même de l'enceinte contenant les viandes ; dès lors, l'enceinte prenant la forme cylindrique, l'espace réservé aux viandes devenait une sorte de corridor circulaire régnant autour de la tourelle.

Une telle disposition diminue la surface des enveloppes exposées au réchauffement par l'atmosphère ambiante, et supprime toute la canalisation de l'air qu'il aurait fallu installer si la tourelle avait été séparée de l'enceinte. En plaçant sur la tourelle un ventilateur occupant toute sa section, on peut y fouler l'air, l'obliger à traverser le coke, le faire jaillir au bas de la tourelle en nappe circulaire et uniforme qui remontera dans le corridor en léchant les viandes ; l'air sera ensuite saisi de nouveau par le ventilateur, pour recommencer le même parcours.

La tourelle est un simple cuvier en bois, sans fond. Elle est posée sur des cales en bois, à 0^m,20 au-dessus d'un bassin revêtu de plomb ; sur ces cales reposent aussi des madriers formant, avec les lattes qui les relient en travers, la grille qui supporte le coke.

L'air foulé par le ventilateur traverse la tourelle de haut en bas. En théorie, il serait préférable de lui imprimer une vitesse de sens contraire ; mais il sera peut-être nécessaire de donner à l'air une assez grande vitesse, et, dans ce cas, si les courants des deux fluides étaient opposés, le liquide pourrait être contrarié dans sa descente et refoulé par l'air.

Le liquide est apporté par un tuyau en fer qui s'élève dans l'axe de la tourelle; il passe de là dans des tubes en plomb horizontaux portant un grand nombre de petites tubulures équidistantes; ce sont autant d'orifices qui répartissent le liquide à la surface du coke.

Après sa descente, le liquide est recueilli dans le bassin de plomb et évacué par un tuyau qui le conduit à la machine frigorifique.

Il faut évidemment une ou deux pompes pour forcer la circulation du liquide. A ce sujet, il convient de remarquer que l'arrivée du liquide doit être tellement subordonnée à son évacuation, qu'en aucun cas il ne puisse se produire au fond de la tourelle un trop-plein nuisible à la circulation gazeuse.

Le chlorure de calcium en usage pour rendre le liquide incongelable imbibé les douves de la tourelle et s'insinue çà et là par les joints. Pour préserver les viandes de ce sel, on a revêtu la tourelle d'une chemise en planches qui ne la touche pas.

L'enceinte est fermée par deux cloisons concentriques en planches, soutenues par des poteaux, et laissant entre elles un intervalle comblé par de la sciure de bois. Le toit présente une construction analogue; seulement, pour faciliter l'accès du ventilateur, on a remplacé le bois, au-dessus de la tourelle, par une pièce cylindrique en fonte qui continue, en quelque sorte, la paroi de la tourelle. Cette pièce est percée d'un grand nombre de larges orifices pour livrer passage à l'air; elle est fermée par deux fonds, entre lesquels on place des paillasses pleines de sciure de bois, pour éviter le réchauffement par l'extérieur. Elle porte une traverse en fonte sur laquelle est fixé le palier de l'arbre du ventilateur.

Le corridor circulaire occupé par les viandes est séparé du bassin qui occupe tout le fond de l'enceinte par un plancher à claire-voie à travers lequel s'élève le courant d'air. On y pénètre par une baie munie de deux portes; chaque porte est simplement une tôle serrée sur l'hubriserie par des loquets; entre les deux, sont interposées des paillasses à sciure de bois.

Les viandes à congeler, demi-bœufs ou moutons, porcs entiers, doivent être suspendues par des crocs à des tringles de fer: c'est la manière la plus simple et la plus commode de les disposer. Mais il serait fort malaisé de circuler dans un étroit corridor avec des fardeaux pouvant atteindre 200 kilogrammes. Il a donc paru nécessaire de relier toutes les tringles de manière à en composer un système tournant, afin que, chaque tringle étant amenée à son tour au-dessus de la porte, il devint facile d'y suspendre ou d'en décrocher les viandes.

Les tringles sont des fers carrés, horizontaux, distribués à égales distances, selon les rayons d'une circonférence. Elles sont reliées par deux cercles en fer plat, montées sur roues et engagées sur une petite voie ferrée circulaire; les rails sont portés, l'un par la tourelle, l'autre par la paroi de l'enceinte.

En vue de simplifier le plus possible les mécanismes comme il convient dans un appareil d'essai, on a adopté, pour faire mouvoir l'ensemble des tringles, un encliquetage très élémentaire, mû par un long levier qui descend près du sol à portée d'un manœuvre. (Cet encliquetage agit sur l'un des cercles plats qui relient les tringles, lequel porte des morceaux de fer rivés remplissant l'office de dents.)

L'accrochage des viandes, très pénible quand on le pratique à la manière des

garçons bouchers, est facilité par l'emploi d'un moufle ou d'un treuil, dont la corde, armée d'un eroc et guidée par un ouvrier monté sur le toit, vient saisir les viandes soit pour les hisser, soit pour les descendre. Cette corde, pour traverser le toit, passe dans un manchon en fonte, fixé à demeure, et qui peut d'ailleurs être fermé par deux fonds, avec pailleasse interposée.

Les hauteurs de la tourelle et de l'enceinte qui l'enveloppe se trouvent bien déterminées par la plus grande longueur des animaux à congeler, qui est de 2^m,50 pour un demi-bœuf. Cette longueur conduit à placer les tringles à 2^m,80 environ au-dessus du plancher du corridor, et toutes les autres dimensions verticales sont par là à peu près arrêtées.

La largeur du corridor est aussi bien déterminée. Un demi-bœuf mesure, dans le sens de sa plus grande largeur, au plus 0^m,63 et 0^m,35 dans l'autre sens. En séparant par une distance de 0^m,75 la paroi de l'enceinte du revêtement en planches de la tourelle, on sera assuré de pouvoir disposer des demi-bœufs de façon que leur grande largeur coïncide avec un rayon.

Il y a plus d'arbitraire en ce qui concerne la largeur de la tourelle et le développement du corridor dont dépend le poids de viandes à congeler en une opération. Provisoirement, on a adopté pour la tourelle un diamètre de 2 mètres; mais l'expérience fera connaître le rapport à observer entre ce diamètre et celui de l'enceinte, et fixera par conséquent l'un et l'autre. Il est à noter, en effet, que le pouvoir réfrigérant, dans l'appareil, croît comme la section de la tourelle, c'est-à-dire comme le carré d'une longueur, tandis que le poids de viandes à congeler croît comme le développement du corridor, c'est-à-dire simplement comme une longueur. Les dimensions les plus convenables de la tourelle et de l'enceinte, dans le plan horizontal, pourront donc être déterminées du moment qu'on connaîtra le meilleur rapport à observer entre la puissance réfrigérante qui dépend du débit et de la température de l'air, et le poids de viandes à congeler en un temps donné.

Dans la conservation des viandes par le froid, on emploiera donc deux méthodes différentes, suivant que la durée de la conservation devra être de 8 à 15 jours, ou devra être beaucoup plus longue.

Dans le premier cas, il suffira d'enfermer les viandes dans une enceinte maintenue dans le voisinage de 0 degré; dans le second cas, il faudra les congeler et les entretenir à cet état aussi longtemps que devra durer la conservation.

Comme exemples de ces deux modes de conservation, nous parlerons des entrepôts frigorifiques installés aux abattoirs de Genève, et des moyens employés par M. Sansinena pour le transport en France des moutons de la République argentine.

Entrepôts frigorifiques des abattoirs de Genève. — Ces entrepôts permettent aux bouchers de conserver les viandes assez longtemps dans de bonnes conditions; par suite, ils leur fournissent le moyen d'abattre immédiatement les animaux qu'ils viennent d'acheter, de manière à éviter les frais de nourriture et les soins qu'exigent les bêtes sur pieds. Grâce à cette instal-

lation, les bouchers ne sont plus exposés à perdre des viandes ou à s'en défaire à vil prix.

Ces avantages sont assez grands pour permettre aux bouchers de payer pour les loges qu'ils occupent un loyer rémunérateur aux municipalités qui installent ces entrepôts. De cette façon, les intérêts et l'amortissement de la construction, ainsi que les frais d'entretien et d'exploitation se trouvent couverts, et les villes, tout en améliorant leurs conditions hygiéniques, n'assument pas de nouvelles charges.

L'installation de l'entrepôt frigorifique de Genève a été faite par M. Schroeder, architecte-ingénieur de cette ville. Il a été reconnu que les résultats obtenus, dans cet entrepôt, ont été tout à fait satisfaisants, que l'aménagement en est bien compris et le service très facile. C'est donc un exemple à citer.

Le système Schroeder consiste à envoyer dans les locaux à refroidir de l'air froid et sec, et à en évacuer l'air chaud et humide sans le concours d'aucun appareil mécanique.

Les locaux à refroidir sont surmontés d'une chambre froide dans laquelle sont disposées à deux niveaux différents deux séries de bacs. Les bacs supérieurs sont perforés de trous d'environ 3 millimètres de diamètre; un liquide incongelable, à une température de -3 ou -6 degrés, y est élevé au moyen d'une pompe. Le liquide froid s'écoule en pluie, à travers la chambre, dans les bacs inférieurs, d'où une canalisation de retour le ramène à la cuve réfrigérante de la machine frigorifique.

On obtient par ce moyen un abaissement de température considérable dans la chambre froide, ainsi qu'un déplacement d'air de haut en bas, provoqué par la pluie, en même temps que par la différence de densité résultant des températures.

L'air froid, ainsi obtenu, descend dans les locaux à refroidir par des cheminées en tôle; il en chasse l'air chaud qui remonte par des conduits, ménagés dans l'épaisseur des murs, dans la chambre froide pour s'y sécher, s'y refroidir et redescendre à son tour jusqu'à ce que l'équilibre de température soit établi.

On obtient ainsi une circulation naturelle constante, et la question du froid sec et de la ventilation naturelle se trouve résolue.

La condensation de la vapeur d'eau se fait contre les bacs, et, lors des arrêts de la machine à glace, l'eau tombe sur le sol de la chambre froide, convenablement incliné, pour qu'elle s'écoule au dehors.

Le liquide incongelable est une solution de chlorure de magnésium, placée dans une grande cuve, où elle est amenée à une température de -5 degrés par l'évaporation de l'acide sulfureux anhydre dans une machine frigorifique du système R. Pictet.

Voici quelles sont les dispositions générales adoptées :

Le terrain réservé pour l'entrepôt est un parallélogramme de 47 mètres de longueur sur 10 mètres de largeur.

L'une des extrémités de ce terrain est occupée par le bâtiment des machines, comprenant, au rez-de-chaussée, la machine Pictet ainsi que les pompes, et au premier les cuves réfrigérantes. La vapeur nécessaire pour actionner les moteurs

de la machine Pictet provient, par une canalisation souterraine, de chaudières placées dans un bâtiment voisin.

L'entrepôt frigorifique proprement dit fait suite immédiatement au bâtiment des machines. Il comprend deux étages, surmontés de la chambre froide et d'un comble. L'étage inférieur est enfoncé de 2 mètres au-dessous du sol : il est desservi par une rampe très douce. L'étage supérieur n'est ainsi qu'à 4^m,30 au-dessus du sol. La rampe conduisant au sous-sol et l'escalier du premier étage sont logés dans un tambour faisant saillie sur la façade et donnant accès dans des vestibules qui précèdent les salles et sur lesquels ouvrent les portes. Ces dispositions ont pour but de diminuer les rentrées d'air extérieur pendant les manutentions.

Chaque étage de l'entrepôt possède deux séries de cases de 3^m,50 sur 2^m,20, disposées de chaque côté d'un couloir central.

Pour amener les salles de dépôt à la température convenable, il y a lieu de tenir compte de trois facteurs :

1° Le rayonnement de la chaleur extérieure à travers les murs, le sol et le plafond;

2° La chaleur dégagée par les produits emmagasinés ;

3° La rentrée d'air de l'extérieur pendant l'ouverture des portes pour le service journalier.

M. Schroeder a calculé la chaleur produite par le rayonnement à travers les murs et dégagée par les viandes entreposées au moyen de formules empiriques qu'il a établies à la suite d'expériences et d'observations minutieuses : bien que ces formules n'aient rien d'absolu, elles ont été exactement vérifiées par la pratique.

Pour réduire le rayonnement au minimum, on isole les constructions par des matelas d'air et de matières isolantes, telles que débris de liège, laine de scories, etc. Le plafond de la chambre froide est également garni de couches épaisses de matières isolantes.

En disant que le rayonnement peut varier de 20 à 3 calories par mètre carré et par heure, suivant le mode de construction du local, on comprendra combien des dispositions spéciales et bien comprises peuvent avoir d'importance et d'influence sur le résultat final.

Pour l'établissement qui nous occupe, en admettant une température extérieure de 25 à 30 degrés, il y aura lieu, pour combattre le rayonnement par les murs, le sol et le plafond, de produire 3.780 calories négatives à l'heure, soit, pour une période de 24 heures, 90.720 calories.

Quant aux calories négatives relatives à la viande placée dans les cases, elles peuvent se déterminer de la manière suivante :

Chacune des 32 cases peut contenir :

2 bœufs à 350 kilogrammes	700 kilog.
4 veaux à 50 —	200 —
4 moutons à 25 —	100 —
Total	1000 kilog.

Lorsque les 32 cases sont pleines, l'entrepôt contiendra donc 32.000 kilogrammes. Mais on peut admettre que la viande ne sera renouvelée entièrement que tous les trois jours; il faut donc compter, au maximum, sur une rentrée journalière de 11.000 kilogrammes.

Or, pour amener la viande de la température extérieure à la température de $+5$ degrés, convenable pour garantir sa conservation pendant un temps assez long, il convient d'abaisser sa température d'environ 20 degrés, c'est-à-dire, pour 11.000 kilogrammes, d'absorber $11.000 \times 20 = 220.000$ calories par 24 heures.

Quant à l'élévation de température résultant de l'ouverture des portes, elle a été évaluée approximativement à 49.280 calories. Il conviendra donc, en résumé, de produire au maximum, par 24 heures, $90.720 + 220.000 + 49.280 = 360.000$ calories négatives. Si l'on reporte ce chiffre sur 15 heures de travail des machines, il conviendra d'obtenir 24.000 calories négatives par heure, résultat atteint très largement avec la machine Pictet n° 6. Cette machine n° 6 contient 88 kilogrammes d'acide sulfureux anhydre et exige une force motrice de 12 chevaux.

Entrepôt installé à Paris. — Tout récemment, un entrepôt frigorifique a été également installé à Paris, par la Compagnie des procédés Raoul Pictet, pour le compte d'un des plus importants bouchers en gros de la capitale, M. Velly.

Cet entrepôt se compose d'un bâtiment à un seul étage, divisé en quatre parties distinctes : chaufferie, salle des machines, chambre froide et salle de vente. La chaufferie renferme une chaudière semi-tubulaire avec tous ses accessoires. Dans la salle des machines, séparée de la précédente par une simple cloison, se trouve toute la partie mécanique destinée à la production du froid : elle comprend un moteur horizontal attelé directement à une pompe de compression, le condenseur d'acide sulfureux, la cuve réfrigérante, une pompe rotative, transmissions, etc. La pompe de compression communique, d'une part, avec un appareil dit réfrigérant, renfermant de l'anhydride sulfureux liquide, noyé dans la cuve réfrigérante, et, d'autre part, avec le condenseur.

Dans sa marche, cette pompe, qui est à double effet, vaporise d'un côté l'acide sulfureux du réfrigérant, produisant ainsi un froid intense absorbé par un liquide incongelable dont la cuve réfrigérante est remplie; de l'autre côté, comprime le gaz dégagé et le refoule au condenseur, où il se liquéfie sous l'action d'un courant d'eau froide qui absorbe la chaleur produite par la compression. L'acide sulfureux liquide est renvoyé au réfrigérant pour recommencer le même cycle d'opérations.

La chambre froide, qui mesure 12 mètres de longueur sur 6^m,50 de large et 3^m,25 de hauteur, peut contenir 12.000 kilogrammes de viande; elle doit être maintenue à une température constante de $+2$ à $+4$ degrés. Ses parois verticales, d'une épaisseur totale de 0^m,70, se composent d'un mur en meulière de 0^m,50 d'épaisseur, puis d'un vide de 0^m,10 destiné à faire matelas d'air, et d'un mur en briques de 0^m,10. L'intervalle entre la brique et la meulière est comblé par des déchets de liège; on assure ainsi une isolation à peu près parfaite de l'enceinte avec l'extérieur.

Le jour est pris par trois petites baies orientées au nord et fermées par trois châssis vitrés, de façon à laisser entre chaque vitre un matelas d'air suffisant pour éviter toute déperdition de froid. Les murs sont enduits au ciment jusqu'à hauteur d'homme, de façon à permettre le lavage des parois; le sol est bitumé et l'écoulement des eaux est assuré par une pente qui aboutit à un caniveau se rendant à l'égout.

La salle est munie à la partie supérieure d'un plancher en fer supportant le plafond. Deux cheminées de ventilation, placées à l'une des extrémités de la chambre froide, assurent le renouvellement de l'air; ces cheminées, qui aboutissent au-dessus du toit, munies de registres à l'intérieur accessibles à la main, sont ouvertes suivant les besoins du service.

Afin d'éviter toute déperdition de froid par le plafond, celui-ci est fait à la façon ordinaire, puis recouvert d'une couche de déchets de liège de 0^m,15 d'épaisseur, sur laquelle on étale un lit de mâchefer sec de 0^m,10 de hauteur, qu'on recouvre d'une aire en béton de mâchefer de 0^m,10 d'épaisseur, et enfin par-dessus on coule un lit d'asphalte ou de bitume.

La partie située au-dessus de la chambre froide, dans toute la longueur de cette dernière et sur une largeur de 3 mètres, est ménagée en vue de recevoir l'appareil de réfrigération. Il se compose d'un faisceau tubulaire dans lequel circule le liquide incongelable amené par la machine frigorifique à une température moyenne de — 10 degrés et refoulé par une pompe rotative. Ce faisceau tubulaire, à cause de son grand développement, tout en ne présentant qu'un seul et même circuit, est divisé en deux groupes. Grâce à cette disposition, un espace très suffisant est ménagé pour la visite de tous les tubes qui sont rendus ainsi accessibles dans toute leur étendue, de façon à pouvoir facilement examiner les joints et les refaire s'ils viennent à déceler une fuite. Cette enceinte, véritable réservoir de froid, est elle-même parfaitement isolée de l'air extérieur par des doubles parois formées de planches jointives réservant un espace de 0^m,25 qu'on emplit de déchets de liège. Le plafond est également formé à l'aide de planches jointives sur lesquelles on dépose une couche de 0^m,50 de déchets de liège.

Le transport du froid dans l'entrepôt proprement dit s'effectue dès lors de la façon suivante : le faisceau tubulaire, porté à la température de — 10 degrés, refroidit rapidement l'air qui l'environne; celui-ci, en se refroidissant, acquiert une densité qui lui permet de tomber dans la chambre froide par cinq cheminées centrales ménagées dans le plancher; il refroidit lui-même l'enceinte de l'entrepôt et les viandes qui s'y trouvent placées, tandis que l'air chaud remonte par des carneaux placés latéralement le long des parois de la chambre de réfrigération; cet air traverse le faisceau tubulaire, s'y refroidit et descend de nouveau, privé de son humidité, dans l'entrepôt frigorifique.

Cette circulation offre l'avantage de s'effectuer avec une vitesse d'écoulement faible, par conséquent assurant le refroidissement lent et progressif de la viande, évitant les courants que l'on regarde comme préjudiciables à sa conservation, et enfin séchant l'air d'une façon convenable.

La chambre froide communique avec la salle de vente par l'intermédiaire d'un tambour en bois suffisamment vaste pour qu'un homme chargé de la plus grosse pièce de viande puisse entrer, fermer la porte derrière lui et ne pénétrer dans

la chambre froide qu'après la fermeture de la première porte. La porte donnant dans l'entrepôt est formée d'un châssis à double paroi dont l'intervalle est rempli de déchets de liège.

L'isolement de la chambre froide se trouve donc assuré de tous les côtés, et le tambour dont nous venons de parler joue le rôle d'une véritable écluse, dans laquelle la température est intermédiaire entre celle de l'extérieur et celle de l'entrepôt frigorifique.

Cet entrepôt étant destiné à conserver 10.000 kilogrammes de viande avec un mouvement d'entrée et de sortie moyen de 3.000 kilogrammes par jour, il suffit de 12 à 14 heures de marche pour assurer un régime normal dans la température pendant les plus fortes chaleurs. Aussi toute l'humidité de l'air et de la viande qui se porte sur le faîsceau tubulaire sous forme de givre est-elle évacuée peu de temps après l'arrêt. Ce givre, en effet, fond, tombe à l'état d'eau dans des gouttières placées sous les tubes et est rejeté au dehors par un conduit spécial. Le plancher de la chambre de réfrigération est muni d'une pente suffisante pour assurer l'écoulement de l'eau de condensation qui aurait pu tomber en dehors des gouttières.

Pendant, comme dans toute installation industrielle, on a dû prévoir le cas où, marchant plusieurs jours de suite, sans arrêt, il faudrait opérer le dégivrement d'une façon rapide. Le but est atteint dans ce cas particulier, à l'aide d'une disposition spéciale qui permet, par la manœuvre de deux robinets, de dégivrer les tubes et d'évacuer l'eau dans un intervalle de temps de 10 minutes à peine. Cette précaution présente un grand intérêt, car lorsque les tubes sont couverts d'une trop forte couche de glace, la transmission de la chaleur à travers les parois se réduit dans une forte proportion, ce dont il est facile de se rendre compte en comparant les températures à l'entrée du liquide réfrigérant dans les tubes et à sa sortie après un parcours qui, dans le cas présent, dépasse 600 mètres. C'est d'ailleurs aussi ce qui prouve que, dans les installations du genre que nous venons de décrire, il y a peu d'intérêt à obtenir au frigorifère de trop basses températures.

Quoique de création récente, l'entrepôt dont nous parlons a déjà rendu de réels services au commerce, nous en pouvons citer l'exemple suivant : un des rares jours de chaleur que nous ayons eu cet été avait coïncidé avec des arrivages considérables de moutons abattus. En raison de la température peu favorable, cette viande ne trouvait pas preneur sur le marché, même au prix infime de 0^{fr},50 le kilogramme, et une très forte quantité dut être jetée. Quelques bouchers, mieux avisés, envoyèrent à l'entrepôt frigorifique jusqu'à 14.000 kilogrammes de cette viande, qui put échapper ainsi à la corruption et fut vendue trois jours après au taux normal de 1^{fr},80 et 1^{fr},90 le kilogramme.

On voit par là que les entrepôts frigorifiques, destinés à la conservation de la viande abattue, peuvent concilier à la fois les intérêts de la vente et de la consommation, en agissant comme des régulateurs du marché. Aussi la Ville de Paris songe-t-elle à en installer comme annexes des abattoirs de la Villette. (*Génie civil*, tome X, n° 4, et tome XVII, n° 11.)

Dispositions adoptées par MM. Rouart. — Dans cette dernière

application dont nous venons de parler, l'air est refroidi par son contact avec des tuyaux dans lesquels circule un liquide incongelable fortement refroidi. L'air froid, en vertu de sa plus grande densité, gagne les parties inférieures de la chambre froide.

Ce mode de réfrigération présente un inconvénient grave : après quelque temps de marche, au contact de l'air humide, les tuyaux se recouvrent d'une couche de givre ou de glace qui fait l'office d'un corps mauvais conducteur et diminue sensiblement la transmission du froid.

On est dès lors obligé d'arrêter de temps en temps la circulation du liquide froid ou même de faire passer de la vapeur dans les tubes pour les débarrasser de cette glace.

Cette façon d'opérer est à la rigueur admissible dans l'exemple dont nous nous occupons, parce que le fonctionnement de la machine frigorifique est intermittent, mais lorsque l'opération doit être continue, cette pratique est mauvaise ; il est bien préférable de refroidir l'air par sa filtration sur le liquide froid.

Il est à remarquer qu'en opérant ainsi, l'air n'entraîne que des traces d'humidité, parce que la tension de vapeur des dissolutions de chlorure de calcium ou de magnésium, que l'on emploie comme liquide incongelable, est très faible, ces substances étant fortement hygrométriques.

MM. Rouart emploient la disposition suivante : A la partie supérieure de la chambre froide, on dispose une série de gouttières, qui sont remplies du liquide incongelable fortement refroidi. Au fond de ces gouttières existe un tube qui en occupe toute la longueur et qui est percé de trous suivant la génératrice inférieure. Au moyen d'un ventilateur, on insuffle dans ce tube de l'air, qui se refroidit en barbotant dans le liquide de la gouttière, devient plus pesant et se déverse par différence de densité sur la viande.

Ce procédé a le grand avantage de produire le froid à l'endroit même où il faut l'utiliser, tandis que s'il faut le transporter, il est impossible de ne pas en perdre une quantité appréciable.

Un autre procédé, employé également par MM. Rouart, consiste à faire couler le liquide froid en nappe verticale sur une toile métallique dans l'air à refroidir. De cette façon, la surface d'échange est considérable, le contact entre le liquide et l'air ambiant est immédiat et par suite l'échange est plus rapide et meilleur ; enfin, le liquide incongelable, consistant en une solution concentrée de chlorure de calcium, absorbe l'humidité des locaux refroidis, ce qui est d'une importance capitale dans le cas de la conservation des viandes.

Transport en Europe des viandes de l'Amérique du Sud, de l'Australie, etc. — Les innombrables troupeaux de la Plata, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande n'étaient généralement utilisés, jusqu'à ces dernières années, que pour les peaux et la graisse des animaux.

La viande, en effet, était trop abondante pour être consommée sur place, et les procédés de conservation trop défectueux pour en permettre utilement l'exportation.

Mais, grâce à l'invention d'un outillage perfectionné qui constitue un des

grands progrès du commerce moderne, on peut aujourd'hui importer en Europe de la viande provenant des grands pays producteurs et conservée fraîche par des procédés spéciaux.

Cette méthode de conservation permet aux grandes compagnies fermières coloniales d'élever le bétail et de l'engraisser, en vue de la production de la viande. Non seulement le profit des éleveurs est ainsi largement augmenté, mais sur les marchés européens, cette viande est mise, grâce à son prix modéré, à la portée de la grande masse de la population ouvrière.

Ce progrès est dû à l'invention et à la construction des machines produisant du froid.

Depuis quelques années, à la Nouvelle-Zélande, à la Plata, de grands établissements analogues aux Saladeros se sont élevés au milieu des immenses prairies parcourues par les troupeaux.

Les animaux sont conduits au premier étage de ces établissements. Après avoir été abattus et dépouillés, ils sont suspendus à des poulies roulant sur des rails, et déposés dans une chambre rafraîchissante.

Les issues, les peaux et les débris sont transportés par un tramway dans une autre partie de l'établissement pour y être préparés.

Dans la chambre rafraîchissante, circule constamment un courant d'air frais, produit par un ventilateur.

Les viandes sont ainsi essorées avant d'être mises dans la chambre froide. Cette mesure est nécessaire à cause de la grande quantité de viande produite à un moment donné.

Les animaux restent dans la chambre rafraîchissante environ 10 heures. Chacun d'eux est alors entouré d'une enveloppe de cotonnade avant d'être introduit dans la chambre réfrigérante. Cette enveloppe, rendue nécessaire par les nombreuses manipulations que doit subir la viande avant d'arriver sur les marchés d'Europe, permet de la conserver propre et de belle apparence.

La chambre réfrigérante a ses parois formées de deux cloisons de planches bouvetées, de 2 centimètres. L'espace entre ces deux cloisons (15 centimètres environ) est rempli de charbon de bois pilé, destiné à empêcher la température extérieure d'influer sur celle de la chambre.

On envoie par la partie supérieure de la chambre de l'air froid et sec, fourni généralement par une machine à air, dans laquelle l'air atmosphérique est d'abord comprimé à une forte pression, puis refroidi et enfin brusquement dilaté.

Après avoir parcouru la chambre, l'air revient aux compresseurs de la machine; d'où une circulation continue d'air froid dans cette chambre.

La chambre réfrigérante est ordinairement divisée en un certain nombre de compartiments, contenant chacun 200 à 400 moutons, ou leur équivalent en viande de bœuf.

Les viandes sont ainsi, pendant 36 heures, soumises à une température de — 30 degrés environ. Après cette opération, les viandes complètement gelées sont transportées dans des chambres-magasins, maintenues à une température de — 4 degrés, d'où elles seront conduites dans des wagons spéciaux, par un railway, au port d'embarquement.

Dans ces établissements, 1.000 moutons peuvent être préparés par jour, et l'installation est suffisante pour en emmagasiner 26.000.

La Compagnie Sansinena a installé un établissement de ce genre dans la province de Buenos-Ayres, à Barra-Casal-Sud. L'usine est installée sur un cours d'eau, et un petit steamer spécial apporte directement à Buenos-Ayres les viandes qui, de là, sont expédiées en Europe.

Les navires qui transportent la viande congelée en Angleterre et au Havre sont munis de machines et de chambres réfrigérantes semblables à celles décrites plus haut. L'intérieur du navire est transformé en une immense chambre réfrigérante, refroidie par une machine système Hall.

Ce sont deux bateaux de la Compagnie des Chargeurs-Réunis, le *Belgrano* et le *San-Martin*, qui ont été ainsi aménagés pour le transport au Havre des viandes de la Compagnie Sansinena.

A leur arrivée en Europe, les viandes congelées sont débarquées et, en attendant leur écoulement, sont emmagasinées dans des dépôts frigorifiques.

L'établissement Sansinena, au Havre, est installé sous le hangar des Chargeurs-Réunis, sur le quai nord du bassin Bellot. Il occupe une surface de 700 mètres carrés, y compris le bureau et le local renfermant la machine.

L'installation forme un grand carré de 27 mètres environ de côté. Toute la construction est en bois de sapin de Norvège. Les parois des chambres réfrigérantes sont formées de deux cloisons de planches de largeur ordinaire, bonnetées et clouées à leurs deux extrémités sur une charpente en madriers de 0^m,20 environ de côté. L'intervalle entre les deux cloisons est rempli de charbon. Les chambres, au nombre de six, mesurent, chacune, 10 mètres carrés environ sur 5 de hauteur.

Toute la partie supérieure de cette installation forme une vaste terrasse plane formée par les planches des cloisons supérieures des chambres réfrigérantes.

Le plafond de chacune des chambres est percé d'une ouverture de 0^m,40 environ de côté, fermée : 1° par une plaque fixe de verre épais ; 2° par un bloc de bois mobile, qui s'enlève à volonté. Cette ouverture, fortement éclairée au moyen d'une lampe à gaz, munie d'un puissant réflecteur, sert à donner de la clarté dans la chambre au moment de la mise en place et de l'enlèvement des viandes congelées.

La partie supérieure de chaque chambre présente également quatre petites ouvertures rectangulaires de 0^m,12 de côté, fermées chacune au moyen d'un cube de bois mobile, qui s'adapte exactement dans l'ouverture. A la partie inférieure de chacun de ces cubes est attaché un thermomètre, suspendu ainsi dans la chambre. Ces quatre thermomètres permettent de déterminer la température moyenne des chambres.

L'air froid est produit par une machine de Hall, marchant à la pression de 34 atmosphères. La température obtenue à la sortie est de — 24 degrés, mais elle est réglée dans les chambres à — 4 degrés. L'air froid arrive à la partie supérieure des chambres au moyen d'un large tube en bois, par une cloison divisée en deux parties égales par une cloison horizontale. En haut circule l'air froid, et dans la partie inférieure s'engage l'air un peu réchauffé qui revient à la machine après avoir produit son effet.

Chaque chambre est indépendante des autres et peut être mise isolément en communication avec la machine, au moyen de vannes verticales en zinc, qui pénètrent dans le tube conducteur de l'air. Ces vannes émergent de la terrasse des chambres et peuvent ainsi être facilement manœuvrées du dehors.

Comme, pour assurer la conservation des viandes congelées, il suffit de maintenir dans les chambres réfrigérantes une température de -4 degrés, on fait fonctionner la machine seulement quelques heures chaque jour.

Le dépôt frigorifique étant à proximité du bassin Bellot, dans lequel pénètrent les steamers, le transbordement des viandes s'opère très facilement.

La viande de mouton est importée préférablement à celle de bœuf, parce que, à la Plata et à la Nouvelle-Zélande, cette dernière est de moins bonne qualité.

Au sortir des chambres réfrigérantes, la viande n'a besoin d'aucune préparation pour être livrée à la consommation. Il suffit de la suspendre à l'air sec pendant un certain temps pour la ramener à la température ambiante, et lui permettre de reprendre toutes ses qualités naturelles. L'été, 12 heures suffisent pour obtenir ce résultat; mais en hiver, il faut quelques heures de plus.

La Compagnie Sansinena possède trois wagons aménagés pour le transport des viandes congelées du Havre à Paris. Ces wagons, qui peuvent arriver en face de l'entrepôt frigorifique sur une voie de chemin de fer disposée le long du hangar des Chargeurs-Réunis, offrent en petit l'aspect des chambres réfrigérantes.

Les parois sont également doubles et séparées par une couche de charbon pilé. Une ouverture de 0^m,25 est ménagée dans l'une des parois. Les wagons viennent se ranger près du dépôt et ne se trouvent ainsi séparés de la machine frigorifique que par un mur, percé également d'une ouverture. Chaque wagon, ayant reçu son chargement de viande gelée (250 moutons environ), est mis en communication avec la machine au moyen d'un large tube qui vient s'adapter à l'ouverture pratiquée dans la paroi, et y apporte l'air sec et froid nécessaire pour maintenir la viande dans de bonnes conditions pendant le trajet du Havre à Paris. Les wagons sont ainsi plus ou moins refroidis suivant la température extérieure.

L'hiver, la température des wagons n'a même pas besoin d'être abaissée : nous avons vu, en effet, qu'avant d'être consommée la viande congelée devait être exposée à l'air ambiant pendant plusieurs heures.

Le transport des viandes à de grandes distances n'offre ainsi aucune difficulté. Par sa simplicité, par l'économie qu'il réalise, ce système est appelé à rendre des services très sérieux, tant dans les grands centres de population, où la cherté des vivres devient excessive, que pour l'alimentation des troupes, surtout en temps de guerre.

La Compagnie Sansinena possède à Paris un dépôt de viande conservée par le froid, établi rue Turbigo, comprenant deux chambres frigorifiques et un local renfermant la machine à air froid et le moteur qui l'actionne.

Les chambres ont une capacité d'environ 150 mètres cubes; elles sont aménagées et isolées comme celles du Havre. Elles peuvent contenir 1.000 moutons entiers.

Le moteur employé est une machine à gaz Otto, de la force de 12 chevaux,

tournant à la vitesse de 140 tours. La machine à air froid est du système Hall, type vertical n° 4, pouvant débiter 198 mètres cubes d'air froid à l'heure.

Ce dépôt reçoit par semaine environ 2.000 moutons et des quantités variables de quartiers de bœuf.

À Paris, la provenance de ces viandes n'est généralement pas encore connue, et elles se vendent comme viandes du pays, ce qui prouve qu'elles ne diffèrent pas de ces dernières en tant que qualité.

La Compagnie Sansinena a installé également des dépôts frigorifiques à Reims, à Dunkerque, à Nantes, à Liverpool, à Londres, etc.

En Angleterre, la consommation des viandes congelées a pris une extension considérable. De véritables flottes sont employées pour le transport dans ce pays des viandes provenant de la Plata et de la Nouvelle-Zélande : 48 bateaux, appartenant à différentes Compagnies, et munis de machines frigorifiques, sont utilisés pour cette importation. La seule Compagnie Shawe-Saville et Albion, de Londres, possède 17 steamers parfaitement aménagés, et chacun de ces steamers est muni de machines et de chambres froides suffisantes pour le transport de 14 à 20.000 moutons.

On comprend que cette industrie ait pris en Angleterre un développement bien plus considérable que chez nous. En effet, la viande importée sur les marchés anglais ne paye pas de droits, tandis qu'en France, les 100 kilogrammes de viande importée sont soumis à un ensemble de droits s'élevant à 13^{fr},50.

Quoi qu'il en soit, l'importation des viandes congelées pourra fournir d'importantes ressources aux populations ouvrières et agricoles, et l'armée devra nécessairement bénéficier de ce mode de conservation pour son alimentation, surtout en temps de guerre. (M. Dussutour. *Conservation des viandes à l'état naturel par l'air froid et sec*. — *Revue du service de l'intendance militaire*, tome I, 1888.)

Avantages que présente la conservation des viandes par le froid. — Une pratique, qui compte maintenant plusieurs années, a prouvé que la congélation n'enlève aux viandes ni leur saveur, ni leur valeur nutritive et qu'elle n'altère en rien leurs tissus, contrairement à ce que l'on croyait autrefois.

Un examen au microscope démontre, en effet, que la congélation méthodique des viandes, tout en assurant leur conservation indéfinie, laisse intactes les cellules et qu'après une décongélation lente, les muscles reviennent à leur état primitif, si bien qu'à la cuisson ces viandes sont aussi succulentes et aussi juteuses que celles des animaux sortant de l'abattoir.

Cette constatation a une importance capitale puisqu'elle réduit à néant d'anciens préjugés qui admettaient, sans aucune preuve, que la congélation nuisait à la qualité de la viande, qu'à peine décongelée, cette viande tombait en déliquescence. Or, des expériences nombreuses et suivies avec soin démontrent d'une façon absolue qu'un mouton congelé se conserve plus longtemps après sa décongélation qu'un mouton d'abattoir tué en été.

L'explication de ce phénomène, dans lequel la congélation n'entre pour rien, est des plus simples. En été, les moutons, au moment où ils sont abattus,

marquent au thermomètre 36 à 37 degrés ; ils sont accrochés dans des échaudoirs dont la température est à 20 ou 25 degrés. Leur chaleur initiale ne peut, par conséquent, descendre au-dessous de 20 à 25 degrés, et cela après un temps très long. L'abaissement de la température ayant lieu de l'extérieur à l'intérieur, il en résulte que dans les parties épaisses des muscles il y a un commencement de fermentation putride. « La viande verdit à l'os », comme disent les bouchers.

Les viandes destinées à être congelées, comme nous l'avons déjà dit, aussitôt abattues, sont portées dans des chambres puissamment ventilées avec de l'air sec et artificiellement refroidi, de telle sorte que leur température tombe rapidement de 36 degrés à 10 degrés. La fermentation putride ne peut s'établir et, ces mêmes viandes étant immédiatement congelées, il y a arrêt absolu de fermentation.

Plus tard, lorsque ces viandes sont décongelées, leur température s'élève peu à peu de l'extérieur à l'intérieur et, si on les conserve un certain temps décongelées, la putréfaction a lieu, mais elle se manifeste à la partie externe avant d'atteindre la partie interne.

Toutes les expériences comparatives qui ont été faites dans la saison chaude ont donné les mêmes résultats : les moutons décongelés ont mis un tiers plus de temps que les moutons d'abattoir avant de contracter cette odeur de relent particulière à la viande de boucherie. Nous devons ajouter qu'à ce moment ils étaient encore comestibles alors que ceux de l'abattoir étaient déjà « verts à l'os », c'est-à-dire immangeables.

Il résulte de ce que nous avons dit précédemment que le procédé de conservation des viandes par le froid permettra d'utiliser les animaux de la Plata pour parer à l'insuffisance de la production de la viande de boucherie en France au point de vue de la consommation.

Cette consommation a été, pour 1887, de 4.364 millions de kilogrammes ; il y faut ajouter l'importation de viande fraîche dépecée, qui peut être estimée à 8 p. 100, la viande indigène représentant 92 p. 100.

La consommation moyenne de viande fraîche dépecée, non compris les viandes salées et fumées, peut, en conséquence, être évaluée pour 1887 à 36 kilogrammes par tête.

Si l'on tient compte de la moindre exigence des enfants pour leur alimentation, c'est tout au plus si le taux de la ration d'un habitant de France adulte peut être élevée à 50 kilogrammes.

Or, la ration du soldat, en temps de paix, a été fixée à 108 kilogrammes par an, soit 300 grammes par jour : en ce moment notre nation ne consomme donc, par adulte, que la moitié de la ration militaire d'entretien. Le développement de l'alcoolisme dans nos centres industriels ne paraît pas sans relation avec l'insuffisance de l'alimentation en viande.

Au point de vue de l'hygiène et du travail de la nation, il est à souhaiter que la ration de viande fraîche soit portée le plus tôt possible au taux de la ration militaire, c'est-à-dire à 100 kilogrammes environ ; encore n'est-ce qu'un minimum, car la ration intensive pour les travailleurs devrait être fixée à 150 kilogrammes au moins : c'est le chiffre adopté par l'Angleterre et l'Allemagne pour leurs soldats en campagne.

Sur nos marchés il n'est donc, en ce moment, vendu que la moitié de la quantité de viande qu'il serait désirable de voir consommer par la nation; le déficit est de 30 kilogrammes par tête d'adulte. Soit par l'élevage français, soit par voie d'importation, c'est un total de 1.200 à 1.500 millions de kilogrammes de viande qu'il faut souhaiter de voir arriver en supplément sur nos marchés : c'est le double du chiffre actuel de vente.

Notre agriculture ne saurait de longtemps faire face à un pareil excédent de production : la comparaison des chiffres de recensement de nos animaux de boucherie à plusieurs époques, montre du reste que nous ne saurions espérer de bien des années en doubler le contingent, quels que soient les progrès culturaux réalisés dans l'avenir par nos éleveurs.

C'est donc à l'importation des viandes étrangères que nous sommes contraints de demander l'excédent de notre consommation sur notre production.

Même avec le taux inférieur de 36 kilogrammes par tête pour la moyenne de la ration actuelle en France, nous n'avons pu nous suffire. En 1887, le poids des viandes fraîches importées atteint près de 8 millions de kilogrammes. Il y faudrait encore ajouter 4 millions et demi de kilogrammes de viande salée et fumée, et 80 millions de kilogrammes pour les animaux importés vivants.

Aujourd'hui les viandes indigènes et étrangères concourent à l'alimentation dans la proportion suivante :

90 p. 100, agriculture française ;

10 p. 100 importation étrangère.

Si nous sommes encore loin de l'importance de la ration moyenne de viande par tête en Angleterre, il en est de même pour le chiffre de l'importation de viande étrangère : 447 millions de kilogrammes en Angleterre, au lieu de 11 millions en France.

Voici d'ailleurs les chiffres comparatifs à ce sujet pour 1883 :

POPULATION — Millions d'habitants.	CONSOMMATION totale. — Milliers de tonnes.	VIANDE en milliers de tonnes.		CONSOMMATION MOYENNE annuelle — par tête.
		Indigène.	Importée.	
37,7 France.	1.251	1.162	89	33 ⁴ / ₁₀ 000
35,0 Angleterre. . .	1.643	1.195	447	47 500

Tandis qu'en France l'importation ne donne qu'un appoint du quatorzième de la consommation totale, les approvisionnements de l'Angleterre à l'étranger atteignent le quart de sa consommation; relativement aux nôtres, ils sont énormes et mettent le marché anglais, dans une très large mesure, sous la dépendance de l'étranger, et pourtant l'élevage anglais, avec ses méthodes perfectionnées, passe pour supérieur au nôtre. S'il ne peut suffire à alimenter la consommation nationale, comment, en France, espérerions-nous y parvenir, alors surtout que la ration moyenne doit être élevée le plus tôt possible ?

Le nombre des moutons élevés en France, loin de croître, va sans cesse en diminuant. Ainsi ce nombre qui, en 1862, s'élevait à 29.226.786 têtes est tombé à

23.809.433 en 1882, pour descendre à 22.630.620 en 1888, ce qui représente, pour cette dernière période, une diminution de 1.178.813 têtes et cela en 7 ans.

Les moutons sont les animaux des pays à vastes parcours, à culture extensive et à grands domaines; aussi leur importance en France doit-elle être beaucoup moindre que celle des animaux de l'espèce bovine. Aujourd'hui, que pour être lucrative l'agriculture doit être intensive, nous ne devons ni espérer, ni même souhaiter voir notre élevage de moutons revenir à ce qu'il était au temps des communaux et des jachères.

L'insuffisance de notre production en viande de boucherie paraît devoir être corrigée par l'importation des viandes de la Plata.

La République argentine, avec ses immenses troupeaux que sa faible population ne peut consommer, est appelée à devenir notre principal fournisseur de viande.

D'après le message du Président de cette république au Congrès de 1889, le recensement du bétail aurait donné :

22.869.385 bœufs ou vaches,

Et 70.453.665 moutons ou brebis.

Dans ces chiffres, la province de Buenos-Ayres entre pour :

9.692.274 bœufs ou vaches,

Et 55.397.881 moutons ou brebis.

Et, suivant l'annuaire statistique de cette province, la plus peuplée de toutes, sa population au 31 décembre 1887 était de 765.230 habitants.

C'est dans le courant de 1887 que le premier arrivage sérieux des viandes en question avait lieu, par les paquebots de la Compagnie « les Chargeurs Réunis ». Chaque chargement comprend dix mille moutons gelés; le débit quotidien à Paris, s'élève à 100 bêtes, en moyenne, du poids de 20 kilogrammes, soit approximativement 2.000 kilogrammes par jour.

Jusqu'ici, la compagnie importatrice n'a entendu faire qu'un essai. Elle se réserve de développer son commerce au fur et à mesure des progrès de la consommation. A en juger par l'exemple de l'Angleterre, on peut prévoir un accroissement rapide de ce commerce.

Voici, en effet, la progression de l'importation des moutons congelés en Angleterre, de 1882 à 1886 :

	AUSTRALIE	RIO DE LA PLATA	TOTAL EN TONNES
	Têtes.	Têtes.	
1882	66.100	»	1.710
1883	184.600	17.160	5.490
1884	524.100	108.800	17.580
1885	537.300	190.600	21.260
1886	722.800	361.200	27.350
1887	800.000	996.492	»

On remarque l'énorme accroissement des chiffres relatifs aux animaux exotiques qui, de 66.000 têtes en 1882, sont passés en 1886, à plus d'un million.

Pour la France, l'importation totale par terre de viandes fraîches a été de

9 millions de kilogrammes en 1886, de 41 millions en 1887, par la frontière de l'Est. L'importation argentine par mer a atteint, en 1887-1888, 2 millions de kilogrammes pour la première année.

Une surélévation exceptionnelle des droits actuels de douane semblerait seule pouvoir mettre obstacle à une progression sérieuse dans les arrivages de viande argentine, qui est moins chère et d'aussi bonne qualité que les viandes de Russie ou d'Allemagne.

La qualité nutritive des viandes exotiques est comparable à celle des viandes françaises. Les prix courants indiquent un écart de 30 centimes par kilogramme entre les prix des mêmes morceaux pour les moutons des deux provenances. L'écart s'élève à 0^f,70 entre le mouton exotique et le bœuf ou le veau français. C'est un bénéfice d'un cinquième environ pour l'acheteur.

Comparée à la viande de cheval, la viande argentine ne coûte que 0^f,40 de plus par kilogramme. Cet écart n'existerait même pas si la viande de cheval n'était exonérée de tous droits d'octroi; elle bénéficie de 0^f,44 par kilogramme par rapport au mouton argentin.

Enfin, le droit de douane maritime, au Havre, étant de 0^f,42 par kilogramme, l'on voit qu'il est, en ce moment, possible d'importer de la Plata, en rade d'un port français, de la viande de mouton d'excellente qualité à moins de 4 franc le kilogramme. En effet, le prix moyen de vente à Paris étant de 4^f,20, si l'on déduit 0^f,42 pour douane et 0^f,44 pour octroi, il reste pour la valeur du kilogramme, en rade, 0^f,93 chargement flottant, coût, fret, assurances, en tenant compte du transport par voie ferrée, qui est de 0^f,05 par kilogramme.

Maintenant quelle est la qualité de ces viandes, au double point de vue de l'hygiène et de l'alimentation?

Les personnes qui ont mangé du mouton après une congélation de plusieurs mois, l'ont trouvé absolument comparable, pour l'aspect après la cuisson et pour le goût, à la bonne viande de mouton indigène. Elle est succulente, nutritive, mais elle se distingue par une saveur légère de venaison; cette saveur spéciale est caractéristique de la chair de tous les animaux de la Plata, et elle ne manque jamais de frapper l'attention des voyageurs dès leur arrivée dans ce pays. Elle est due à la nature des herbages et à l'élevage en plein air des troupeaux de bœufs et de moutons.

C'est donc une saveur naturelle, ne provenant pas d'une altération consécutive à la congélation.

De nombreux témoignages affirment d'ailleurs les qualités alimentaires et l'état hygiénique, même après de longs mois, des viandes soumises à l'influence de l'air froid et sec. Il suffira de citer un rapport du baron Michel à la Société française d'hygiène en 1881, une étude de M. Villain, inspecteur de la boucherie de Paris, médecin-vétérinaire en 1883, un travail de M. Husson sur l'alimentation animale en 1882. Dès 1878, M. Bouley, dans un rapport à l'Académie des sciences, affirmait que les viandes de boucherie traitées par la congélation gardaient toutes leurs qualités comestibles.

L'expérience poursuivie à Paris depuis plusieurs années paraît absolument concluante à cet égard.

La perspective d'une importation qui ne peut que devenir, d'année en année,

plus active, préoccupe l'élevage français. Il ne convient pas cependant de se laisser entraîner à des craintes exagérées.

Les importations de viande congelée ne peuvent nuire à notre production nationale, dont elles ne sont que l'appoint. Elles augmentent le bien-être et, en développant l'usage de la viande dans la population, créent toute une nouvelle couche de consommateurs. Elles servent donc plus qu'elles ne nuisent à l'élevage indigène; la protection à outrance irait donc contre son but en mettant des entraves à ces importations.

En Angleterre, où les viandes congelées arrivent en quantités énormes, où elles ont supplanté les viandes fraîches venant du continent ou de l'Amérique du Nord, la production indigène non seulement n'en souffre pas, mais semble en ressentir les meilleurs effets, puisque d'après les documents anglais le prix de la viande des moutons de pays, malgré le développement qu'a pris l'élevage, a subi une hausse sensible. C'est que, comme nous le disions plus haut, le nombre des consommateurs augmente avec l'abondance des produits et que l'ouvrier se nourrit mieux, plus hygiéniquement et à meilleur marché qu'au temps où le mouton était, pour ainsi dire, une denrée de luxe. Aussi les fermiers, qui tirent un meilleur parti de leurs produits, ne s'effrayent-ils nullement de la concurrence que peuvent leur faire les Australiens, les Zélandais ou les Argentins.

L'industrie du bétail répond à certaines lois que rien ne peut modifier et l'abondance ou la rareté sur les marchés n'est presque jamais la conséquence de notre richesse ou de notre pauvreté en animaux de boucherie.

Cette abondance ou cette pauvreté, dans la généralité des cas, tiennent uniquement à notre pauvreté ou à notre richesse en fourrage.

Les prairies annoncent-elles une récolte abondante, les fermiers conservent leurs bêtes; les féniers sont-elles vides, bon gré, mal gré, ils sont obligés de les livrer à la boucherie.

Ce sont donc les producteurs eux-mêmes qui, sous l'influence des saisons, font la hausse ou la baisse des prix; ce sont eux qui indirectement provoquent ou ralentissent les importations.

Peut-être l'industrie privée pourrait-elle parer, à son profit et à celui des producteurs et des consommateurs, à ces baisses de prix qui se produisent périodiquement sur les marchés aux bestiaux. Il lui suffirait, aujourd'hui que les procédés de congélation ont fait leurs preuves, de mettre en réserve pour les temps de disette les excédents des temps de trop grande abondance.

En ce qui concerne la France, la progression de l'alimentation nationale est continue et atteint environ 2 p. 100 par an. L'accroissement de cette consommation annuelle se partagera entre l'élevage français et les viandes étrangères à bon marché. On se trouve, en effet, en présence de viandes à bon marché, essentiellement propres à la consommation populaire, saines et nutritives, mais hors d'état de soutenir la lutte avec nos bonnes viandes indigènes.

Il y aurait peut-être lieu de faire en sorte que ces viandes exotiques puissent être distinguées des produits français au moment de leur mise en vente.

Un homme du métier les reconnaît à un aspect plus foncé de la coupe de la viande, et à une dessiccation très prononcée de la peau et des membranes

par suite de leur séjour prolongé pendant plusieurs mois dans l'air froid et sec.

Mais rien ne serait plus aisé que d'apposer un timbre spécial sur chaque quartier de viande à sa sortie du paquebot frigorifique. De la sorte, toute confusion deviendrait impossible avec les produits de la boucherie française. Les consommateurs auraient le bénéfice de l'usage d'un aliment excellent à bon marché, sans aucun préjudice pour l'éleveur, dont la production actuelle, de qualité supérieure, ne peut suffire aux exigences de l'alimentation.

Toute confusion déloyale deviendrait alors impossible, ce qui supprimerait, pour nos éleveurs, le danger de la concurrence. (*Mission de M. Calret dans l'Amérique du Sud, 1886-1888.*)

Pour terminer, et afin de résumer l'état actuel de la question de la conservation des viandes par le froid, nous reproduisons ci-dessous le rapport adressé récemment à ce sujet par M. de Freycinet au Président de la République :

Paris, le 24 octobre 1891.

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« Dès 1888, mon administration s'est préoccupée de la recherche des différents procédés propres à assurer la conservation des viandes fraîches. C'était là une partie essentielle du programme que je m'étais tracé en entreprenant d'organiser le ravitaillement de la population civile des places fortes.

« Antérieurement, l'Administration de la Guerre se bornait à alimenter la population militaire, c'est-à-dire à constituer l'approvisionnement de siège de la garnison. Dans ces conditions, relativement restreintes, l'emploi du bétail sur pied pouvait paraître un moyen suffisant, malgré les difficultés de tous genres et les mécomptes auxquels il donne lieu.

« Mais dès l'instant qu'on se propose d'alimenter la population tout entière (dont le chiffre, dans le camp retranché de Paris, atteint 3 millions d'habitants), l'emploi d'un tel moyen devient impraticable.

« L'immense quantité de fourrages à réunir, les maladies à craindre dans de nombreux troupeaux concentrés sur de petits espaces, constituent des obstacles à peu près insurmontables. De là l'idée des procédés artificiels de conservation, déjà en usage sur une vaste échelle, pour les besoins commerciaux, chez quelques nations européennes, en Amérique et en Australie.

« Une commission nommée le 30 janvier 1889, sous la présidence de M. le sénateur Berthelot, a été chargée d'élucider un certain nombre de questions, à la fois industrielles et scientifiques, qui étaient comme le complément indispensable de l'important problème à résoudre. Cette commission, par de remarquables travaux, dont j'ai eu l'honneur de vous rendre compte, a mis en lumière plusieurs faits qui jouent un rôle capital et peu connu dans cette industrie nouvelle.

« Il est devenu, dès lors, possible d'entrer dans une voie vraiment pratique. A cet effet, j'ai constitué, le 30 mai 1890, une commission de spécialistes, présidée par M. le général Delambre. Elle a eu pour mandat :

« 1° D'étudier à un point de vue technique et économique les divers moyens de production du froid, appliqués soit à la congélation, soit à la conservation de la viande;

« 2° De rechercher, dans les différentes places, et plus particulièrement dans le camp retranché de Paris, les installations déjà existantes et pouvant soit immédiatement, soit à l'aide d'agencements peu coûteux, être utilisées pour cette destination spéciale;

« 3° Enfin de vérifier les conditions du transport des viandes congelées et de déterminer les distances auxquelles ces viandes pouvaient être amenées sans perdre leurs qualités.

« Cette triple investigation a abouti à des résultats précis et concluants.

« Il est acquis aujourd'hui que la viande congelée à une basse température peut, même après une conservation de très longue durée, être substituée à la viande fraîchement débitée; qu'en cet état, elle a toutes les propriétés de la viande ordinaire, qu'il n'y a à redouter ni avaries, ni difficultés de service, ni répugnances chez le consommateur.

« Il est démontré, en outre, que des distributions de cette viande peuvent se faire, même sans précautions particulières, à des distances du magasin frigorifique répondant à des durées de transport de 2 jours à 2 jours et demi, par les plus grandes chaleurs.

« Tout le monde sait que, dans certains États de l'Europe, l'industrie privée a créé des établissements frigorifiques destinés seulement, il est vrai, à la conservation à court terme de la viande et de divers produits alimentaires. Aux États-Unis de l'Amérique du Nord, dans plusieurs États de l'Amérique du Sud, en Australie, dans la Nouvelle-Zélande, ces installations ont pris un développement considérable soit pour la consommation intérieure de certains États, soit surtout pour l'exportation.

« La France n'a suivi ce mouvement que de bien loin; cependant, depuis quelques années, des établissements de conservation se sont créés; d'autres s'annoncent, et l'Administration de la Guerre a certainement été dans notre pays la principale initiatrice de cette transformation.

« Toutefois, et c'est là un point à noter, les installations industrielles ne se créent le plus habituellement qu'en vue de la *conservation à court terme*; elles ne suffisent plus dès lors à effectuer la *congélation à cœur*, qui, au point de vue militaire, est indispensable pour une longue conservation ou pour les transports; mais la congélation une fois faite, la conservation peut se maintenir avec des appareils réfrigérants ordinaires. Même dans ces conditions limitées, le concours de l'industrie privée doit être recherché; il peut devenir précieux et économique.

« Aujourd'hui, monsieur le Président, je considère la période des expériences comme close; c'est l'exécution qu'il faut préparer.

« A Paris, le problème est difficile à raison de l'importance des établissements nécessaires tant pour la congélation que pour la conservation.

« Mais en premier lieu, la ville de Paris, animée de sentiments si patriotiques pour tout ce qui touche aux intérêts de la défense nationale, a adhéré en principe à la création d'établissements frigorifiques urbains et, de concert avec mon département, vient d'ouvrir un concours pour une première installation aux abattoirs de la Villette.

« En second lieu, les recherches patientes de la commission présidée par M. le général Delambre ont abouti à des propositions précises en vue de l'utilisation d'un grand nombre d'industries parisiennes pourvues de machines à froid. Dans ces établissements, il suffira, au dernier moment, de faire certaines

transformations, déjà étudiées, pour procéder soit à la conservation, soit même à la congélation des viandes.

« C'est donc en combinant les ressources des établissements de la municipalité parisienne, celles d'un certain nombre d'industries actuellement existantes, et enfin en créant quelques installations militaires, que je crois possible d'assurer cet immense service dans la capitale.

« Le sacrifice à demander à l'État pour sa part contributive, dans le camp retranché de Paris, ne paraît pas devoir excéder 3 millions et demi.

« Les prévisions d'origine faites en 1888, lors de la présentation du nouveau programme du budget sur ressources extraordinaires, avaient porté ce chiffre à 9.600.000 francs. Cette évaluation était d'ailleurs parfaitement justifiée dans l'hypothèse de la création d'établissements uniquement militaires. Si elle se trouve aujourd'hui réduite de près de deux tiers, c'est grâce aux moyens subsidiaires qui viennent d'être indiqués.

« Au surplus, je dois rappeler qu'en regard de ce sacrifice restreint, les établissements frigorifiques de Paris économiseront, en temps de guerre, 23 millions de fourrages, sans parler des pertes devant résulter du dépérissement ou des maladies du bétail.

« Il restera encore à pourvoir six de nos places frontières, dans lesquelles l'étude pratique se poursuit. Mais là le problème est infiniment plus simple et les dépenses seront modérées.

« Tel est, monsieur le Président, l'état actuel de cette importante question, qu'il m'a paru utile de résumer au moment où mon administration devra saisir les Chambres de demandes de crédit appropriées.

« Veuillez agréer, monsieur le Président, l'hommage de mon respectueux dévouement.

« *Le Président du Conseil, Ministre de la Guerre,*

« C. DE FREYCINET. »

Conservation des fruits, des légumes, des poissons. —

Les navires munis de chambres froides peuvent aussi être employés avec succès pour l'importation des fruits, des légumes et des poissons frais.

Le steamer *Nonpareil*, de la compagnie Scrutton, muni de chambres spéciales et d'une machine frigorifique Haslam, a amené à Londres, dans d'excellentes conditions, des fruits provenant de l'Inde et d'autres colonies anglaises.

Aujourd'hui, un service régulier a été établi pour le transport en Angleterre des fruits et des légumes venant de l'Australie et de Madère.

On a pu de même importer des poissons congelés et maintenus à cet état jusqu'au moment de leur consommation. L'expérience a montré que ces poissons pouvaient être conservés ainsi pendant 7 à 8 mois, sans éprouver la moindre altération.

Conservation du lait. — Dans ces dernières années, on a fait également des essais de conservation du lait par le froid, qui ont donné des résultats très remarquables.

Le lait se conserve longtemps lorsqu'il est maintenu à une température de 2 à 3 degrés; il conserve dans ces conditions toutes ses propriétés primitives et

présente le même goût que s'il venait d'être trait à l'instant même, ce qui n'a pas lieu lorsque, pour le conserver, il a été stérilisé par la chaleur.

Dans ce mode de conservation par le froid, il est nécessaire de refroidir le lait rapidement, et pour cela, on le fait circuler dans des gouttières en cuivre de 50 centimètres de profondeur sur 20 centimètres de large, immergées dans un bain de chlorure de magnésium refroidi à l'aide d'une machine frigorifique. Ces gouttières sont fermées à leur partie supérieure par un couvercle en bois; vers leur partie inférieure, elles portent un arbre à palettes, animé d'un mouvement lent de rotation, afin d'agiter le lait et de l'empêcher de se solidifier au contact des parois. La vitesse du liquide est réglée de telle façon que le lait sorte de la gouttière à une température de 2 à 3 degrés. Le séjour du lait dans la gouttière est d'environ un quart d'heure. Le débit de l'appareil peut atteindre 50 litres par minute.

Ce lait refroidi est reçu dans des bidons que l'on place pour l'expédition dans des caisses calfeutrées, ce qui lui permet de conserver très longtemps sa basse température.

On peut encore disposer des chambres froides dans lesquelles pénètrent les wagons qui doivent servir au transport du lait. En séjournant dans ces chambres pendant un temps suffisamment prolongé, les wagons finissent par en prendre la température, et si les parois sont épaisses et construites en matériaux mauvais conducteurs de la chaleur, par exemple avec une double paroi en bois épais et un intervalle garni de sciure ou de paille coupée, l'intérieur de ce wagon conserve longtemps la même température et il sera même inutile de le garnir de glace pour l'expédier, si le voyage n'est pas de trop longue durée. Le lait, arrivé à destination, doit être conservé froid jusqu'au moment de sa livraison.

On peut également transporter le lait gelé en abaissant suffisamment sa température. Il a été constaté que ce lait, une fois dégelé, possédait toutes les propriétés du lait primitif. Or il est évident que le transport du lait congelé est plus facile que celui du lait liquide; de plus, à cet état, il peut se conserver pour ainsi dire indéfiniment.

Dans le lieu de production, on pourrait verser le lait dans des wagons-citernes appropriés et opérer la congélation dans le wagon même. On expédierait ainsi le lait par blocs de 1.000, 2.000, 5.000 kilogrammes, selon la capacité des cuves, dans les wagons qui ne paieraient que le prix minime du voyage sur les rails des compagnies. A l'arrivée, on dégèlerait les blocs et après mélange, on emplirait les bidons pour la distribution. Par ce procédé, on n'aurait plus le transport, onéreux comme manipulation, de ces bidons à lait qui sont détériorés si vite par les chocs. Il ne faudrait comme matériel que des bidons au départ pour la récolte du lait, des bidons à l'arrivée pour la distribution et le lait arriverait parfaitement intact dans le wagon-citerne. Les manipulations seraient réduites au minimum et, en somme, il en résulterait une économie à cause de la diminution de main-d'œuvre. On peut estimer que la congélation et le transport ne grèverait pas le prix du lait d'une somme supérieure à 7 centimes par litre. (M. Lezé, *Les Machines à glace*.)

MACHINES FRIGORIFIQUES

Pour compléter les renseignements que nous avons présentés sur la conservation des viandes par le froid, il nous a semblé nécessaire de dire quelques mots sur les machines frigorifiques, auxquelles il est nécessaire d'avoir recours pour l'application de ce procédé.

On peut ranger ces machines dans trois catégories :

Les machines à air;

Les machines à gaz liquéfiés par compression;

Les machines à absorption.

MACHINES A AIR

Le principe des machines à air est très simple :

Lorsqu'on comprime une certaine masse d'air, cet air s'échauffe; si on le ramène à la température ambiante, par exemple à l'aide d'un courant d'eau, puis qu'on le laisse se dilater librement, cet air se refroidira d'une quantité proportionnelle au travail de détente, et c'est précisément ce froid que l'on utilisera.

Ces machines possèdent comme organes essentiels : un compresseur, un refroidisseur et un détendeur.

Le compresseur est une pompe à simple ou à double effet, aspirant de l'air à la pression ordinaire et l'amenant à une pression plus ou moins considérable. Pour absorber la chaleur résultant de cette compression, le cylindre de la pompe a une double enveloppe dans laquelle circule de l'eau; quelquefois même on fait circuler de l'eau dans la tige du piston et dans le piston.

Afin d'achever le refroidissement de l'air comprimé, on lui fait traverser le refroidisseur, sorte de condenseur à surfaces, formé d'un faisceau de tubes de cuivre refroidis extérieurement par un courant d'eau froide.

Le détendeur est une pompe semblable au compresseur et muni comme lui de soupapes ou de tiroirs.

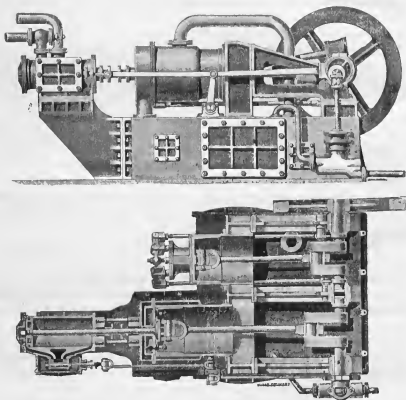
Pendant le refroidissement de l'air comprimé, une certaine quantité d'eau se condense dans le refroidisseur; mais cet air, en arrivant dans le détendeur, possède encore une quantité d'humidité suffisante pour y former une proportion notable de neige. Pour se débarrasser de cette neige, l'air sortant du détendeur

traverse une capacité, dite boîte à neige, remplie de coton, au travers duquel il filtre. Cette boîte doit être facilement accessible, afin de permettre l'évacuation fréquente de cette neige.

Il est avantageux de disposer la machine de telle sorte que ce soit toujours le même air qui se trouve successivement comprimé, puis détendu. La machine ne communique plus alors avec l'atmosphère. En opérant ainsi, l'air étant sec, on n'a plus à se préoccuper des dépôts de neige. D'autre part, l'air provenant des chambres à froid est à une température inférieure à celle de l'air extérieur, et il en résulte une économie notable.

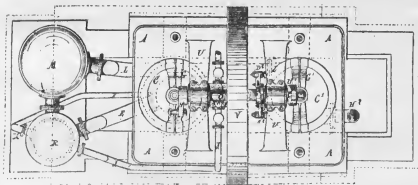
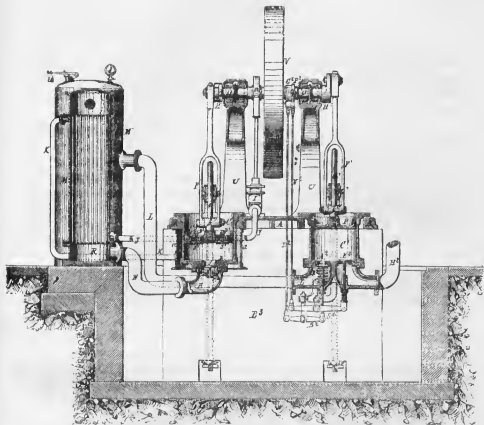
Machine Giffard. — Parmi les machines à air, nous citerons celle de M. Paul Giffard, qui date de 1873, et qui fut très remarquée à l'Exposition de 1878.

Machine Giffard horizontale.



L'un des types les plus répandus de cette machine est vertical. Les deux pompes de compression et de détente sont à simple effet et mises en mouvement par un même arbre horizontal.

La bielle du cylindre à vapeur actionne directement cet arbre. Les axes des



C, C', cylindres compresseur et détenteur à simple effet, à pistons conjugués par les manivelles H, H', calées à 90° sur l'arbre moteur o o', conduit par la poulie V et porté par les bâtis U A. Les tiges c, c' des pistons sont attaquées par des bielles à fourche F, F' et guidées par des étriers G, G'.

S, S', soupapes d'aspiration du compresseur.

O, soupape de refoulement du compresseur.

R, refroidisseur à tubes rafraîchis par une circulation d'eau I K J et parcourus par l'air comprimé arrivant par E.

M, réservoir accumulateur d'air comprimé venant du refroidisseur R avant de se rendre par le tuyau L à l'aspiration du détenteur.

A', E', soupapes d'aspiration et de refoulement du détenteur, actionnées par les mouvements C' D' B' et P' N' S'.

H', échappement de l'air du détenteur à la chambre froide.

trois cylindres se trouvent dans un même plan, et ces cylindres sont disposés dans l'ordre suivant : à l'une des extrémités le cylindre à vapeur, au milieu la pompe de compression, à l'autre extrémité le cylindre détenteur. Les deux manivelles accouplées aux extrémités de l'arbre transmettent ainsi du travail positif ou travail moteur, et la manivelle du milieu actionne le piston compresseur, qui absorbe le travail utile pour la production de l'air comprimé.

Cette répartition des travaux sur l'arbre est excellente et conforme aux meilleurs principes d'établissement des machines.

Le refroidissement de l'air était obtenu dans les premières machines par des injections d'eau faites dans le réservoir où l'air comprimé est emmagasiné avant son passage au cylindre détenteur. Cette injection d'eau était produite au moyen d'une pompe faisant partie de l'ensemble.

Giffard reconnut vite l'inconvénient de cette injection d'eau comme moyen de refroidissement : on obtenait de l'air saturé d'humidité, une production énorme de neige dans l'air détendu, et surtout une formation de glace dans le cylindre détenteur, ce qui amenait l'engorgement des soupapes et par suite de fréquentes ruptures de bielles ou de fonds des cylindres. Il fut ainsi conduit à l'emploi d'un refroidisseur à surface.

L'air comprimé, sortant du compresseur, est refroidi en traversant les tubes d'un condenseur à surfaces entouré d'eau et passe dans un réservoir de pression. De ce réservoir, l'air passe au détenteur en traversant une soupape, qui se ferme mécaniquement au point voulu pour la détente. Il en résulte que l'on peut régler à volonté et dans des limites très étendues, déterminées par les dimensions respectives des cylindres compresseur et détenteur, le degré de détente, et par suite l'intensité du froid produit.

M. Ledoux a donné une théorie complète de la machine Giffard. Il a calculé le rendement théorique de cette machine, par mètre cube d'air pris à 15 degrés, en supposant qu'il n'y ait pas d'espaces nuisibles, que l'air ait un état hygrométrique égal à $\frac{1}{2}$, et que le rendement organique soit de 92 p. 100.

PRESSION au réservoir.	TEMPÉRATURE finale au compresseur.	TEMPÉRATURE finale au détendeur.	CHUTE de température entre l'air aspiré et l'air détendu.	NOMBRE de calories négatives obtenues.	NOMBRE DE CALORIES NÉGATIVES			
					par kilogramme théorique.	par cheval-heure théorique.	par kilogramme effectif.	par cheval-heure effectif.
1 ^{atm.} 1/2	51°, 04	— 0°, 43	15°, 43	4.455	0, 01531	4.134	0, 00454	1.226
2 "	79°, 31	— 21°, 70	36°, 70	10.600	0, 00843	2.276	0, 00436	1.117
2 1/2	102°, 93	— 37°, 25	52°, 25	15.090	0, 00660	1.782	0, 00393	1.061
3 "	123°, 39	— 50°, 80	65°, 80	18.997	0, 00545	1.472	0, 00355	939
3 1/2	141°, 57	— 61°, 53	76°, 53	22.095	0, 00481	1.299	0, 00328	886
4 "	157°, 98	— 70°, 58	85°, 58	24.710	0, 00435	1.176	0, 00307	829
4 1/2	173°, 00	— 78°, 26	93°, 26	26.628	0, 00409	1.104	0, 00290	783

On voit que, comme dans toutes les machines frigorifiques, le rendement est d'autant moindre qu'est plus grande la chute de température entre celle de l'air entrant dans la machine et celle de l'air au détendeur, ou encore d'autant

moindre que le refroidissement est plus intense et la pression plus haute au compresseur.

En réalité, une machine de 18 chevaux peut fournir environ 650 mètres cubes d'air à 0 degré par heure, ou 100 kilogrammes de glace, soit environ 10.000 calories négatives utilisées, ou 550 calories par cheval, chiffre notablement inférieur, comme on pouvait s'y attendre, au rendement théorique.

Dans la machine de MM. *Bell et Coleman*, qui date de 1877, l'air comprimé est refroidi d'abord par une injection d'eau dans le compresseur, puis par son passage au travers d'un cylindre garni de tôles perforées sur lesquelles coule de l'eau. Cet air refroidi est séché en lui faisant traverser un cylindre à tôles perforées, analogue au précédent, mais sans injection d'eau, puis une série de tubes inclinés refroidis extérieurement par l'air de la chambre froide. Au sortir de ces tubes, l'air refroidi et débarrassé de son excès d'eau passe au détenteur.

Les machines Bell-Coleman sont très employées à bord des navires qui servent au transport des viandes d'Australie en Europe.

Ces machines fonctionnent avec une compression de 2¹/₈, et peuvent refroidir de 80 degrés 2.000 mètres cubes d'air par heure.

Machine de Hall. — La machine de *Hall* est une modification de celle de Giffard. Elle fournit de l'air qui contient très peu d'humidité et pour cela on utilise la détente de cet air, qui se fait en deux temps. L'air comprimé, refroidi par son passage au travers d'un faisceau de tubes, est détendu dans un premier cylindre ou détenteur intermédiaire, d'où il passe dans un second détenteur, après avoir déposé presque toute son humidité dans un séchoir à chicanes interposé entre les deux détenteurs.

Supposons de l'air à 35 degrés, comprimé à 4¹/₂,50 et saturé de vapeur d'eau, c'est-à-dire renfermant 0,008 de son poids de vapeur d'eau. Après une détente de 1,75, cet air refroidi à 1 degré et ramené à une pression de 2¹/₂,15, ne renfermera plus que 0,0016 d'eau au sortir du premier détenteur et du séchoir. Cet air, admis ensuite au second détenteur, ne renfermera plus que 0,001 d'eau.

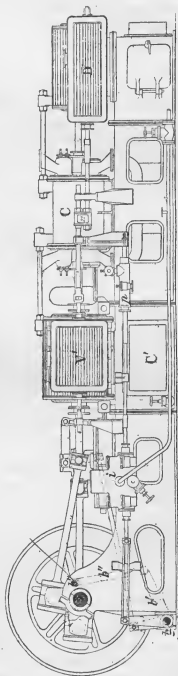
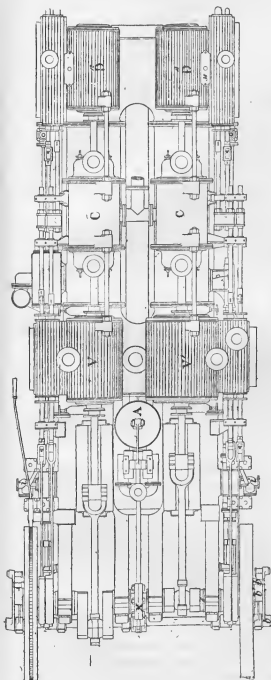
Dans la machine de Hall, les soupapes ont été complètement abandonnées; il y est fait un usage exclusif de tiroirs plans à double recouvrement (système Meyer ou analogue). Les tiges des tiroirs reçoivent leur mouvement par des excentriques calés sur l'arbre principal.

Les pistons sont du genre Kamsbottom et munis de segments élastiques faciles à remplacer en cas d'usure.

Le rafraîchisseur d'air est logé dans le bâti en fonte de la machine. Il se compose de un ou plusieurs faisceaux tubulaires à l'intérieur desquels se fait la circulation d'air.

L'eau nécessaire à la réfrigération est amenée par une pompe de circulation faisant partie de la machine et actionnée par un levier qui prend son mouvement sur l'une des bielles.

L'eau circule d'abord dans le faisceau tubulaire, ensuite elle passe dans une double enveloppe ménagée à la fonte autour du cylindre compresseur. On diminue ainsi l'échauffement de ce cylindre et on augmente par suite les facilités de graissage.

Machine Bell-Coleman (type marin).

p, pompe de circulation du condenseur à surfaces *C'*.
X, accouplement facultatif de l'arbre moteur.
b b', commande de la pompe d'injection d'eau aux compresseurs et au réfrigérant.

V V', cylindres à vapeur de haute et basse pression.
C C', compresseurs.
D D', détendeurs.
A, pompe à air.

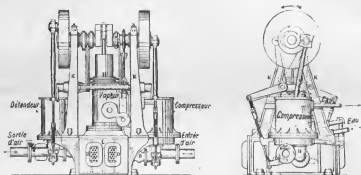
Les surfaces de transmission sont calculées de telle manière que l'air comprimé doit être amené au cylindre détenteur à une température ne dépassant pas de plus de 2 à 3 degrés celle de l'eau de circulation.

Des purgeurs à robinet distribués sur tout le trajet de l'air comprimé permettent de s'assurer que celui-ci est bien sec; enfin un purgeur à force centrifuge permet la séparation des gouttelettes d'eau en suspension dans cet air.

Le cylindre détenteur et ses conduits sont à très basse température, aussi sont-ils munis d'enveloppes isolantes (feutre et lames de bois).

Tous les cylindres sont à double effet, ce qui contribue à diminuer beaucoup le volume de la machine. La caractéristique des machines de Hall est en effet d'occuper un espace absolument restreint, condition très importante lorsqu'elles doivent être installées sur des navires.

Machine de Hall verticale.



B, refoulement de l'air comprimé au refroidisseur D L.

H, cylindre moteur à vapeur.

K, bâtis supportant l'arbre moteur.

Le constructeur a su grouper avec une grande ingéniosité les multiples éléments qui composent cette machine pour en former un tout bien compact, présentant malgré cela de grandes facilités de démontage et de visite des organes.

Toutes les parties de la machine sont extrêmement robustes, peut-être même un peu massives; mais si l'on songe que ces appareils marchent à grande vitesse (100 à 120 tours) avec des longueurs de bielles très restreintes, sur des navires plus ou moins stables, on reconnaîtra que cette critique est de peu d'importance vis-à-vis de la sécurité absolue du fonctionnement.

Les constructeurs ont suivi la méthode généralement adoptée en Angleterre. Ils ont absolument spécialisé leurs types et livrent au commerce un certain nombre de modèles de machines, modèles à peu près immuables, dont ils ne s'écartent pas. Cette méthode a ceci de très bon qu'elle permet de produire des machines peu coûteuses, dont les organes sont interchangeableables: on rend ainsi les réparations extrêmement faciles.

Il est laissé très peu à l'imprévu ou à l'initiative du mécanicien : tous les tiroirs sont réglés d'avance et bien fixés; seule, la distribution de vapeur permet de marcher avec une détente plus ou moins longue, grâce à une vis de réglage.

Les machines de grande puissance marchent à condensation soit par surface, soit par mélange. Les organes nécessaires, pompe à air, condenseur, etc., font également partie de la machine.

Les très petites machines, au contraire, n'ont pas de cylindre à vapeur et reçoivent le mouvement par une poulie motrice mue par courroie.

Nous donnons ci-dessous quelques chiffres se rapportant à une machine Hall, type n° 6.

Cette machine produit 370 mètres cubes d'air froid par heure. Son cylindre à vapeur développe en chevaux indiqués 28^{ch} et demi. Elle occupe un emplacement de 2^m,36 × 1^m,53 × 1^m,22.

CHIFFRES DE FONCTIONNEMENT

Pression de la vapeur	5 à 6 kilogrammes.
Nombre de tours par minute	100 à 120.
Détente de la vapeur	1/4 à 5/8.
Air comprimé, — Pression	3 ^{kg} ,5.
Air froid à la sortie	— 58 à — 60 degrés.

Le tableau suivant donne une idée de la puissance frigorifique des différents types de machines Hall :

MACHINES	PRIX approximatif.	QUANTITÉ DE VIANDE CONSERVÉE	PEUT REFROIDIR dans une journée de 16 heures.
Type n° 7.	25.000 francs.	25.000 moutons ou 500 tonnes.	20 tonnes de viande.
— 8.	35.000 —	30.000 moutons ou 550 à 600 tonnes.	30 — —
— 9.	45.000 —	40.000 moutons ou 800 tonnes.	45 — —

Les machines à air ne fournissent guère plus de 4.000 calories négatives par cheval-heure indiqué au compresseur et il faut faire passer environ 40 litres d'air dans les compresseurs par calorie négative. Leur rendement est très notablement inférieur à celui des autres machines frigorifiques.

MACHINES A GAZ LIQUÉFIÉS PAR COMPRESSION

Ces machines utilisent le froid produit par le changement d'état d'un liquide volatil, passant de l'état liquide à l'état de vapeur.

Elles se composent d'un récipient clos, appelé *frigorifère* ou *congélateur*, installé dans l'enceinte que l'on veut refroidir ou dans un bain incongelable, et contenant le liquide volatil.

Une pompe, mise en communication avec la partie supérieure de ce récipient, aspire les vapeurs qui s'y produisent et les refoule dans un autre récipient, appelé *condenseur*, refroidi extérieurement par un courant d'eau.

La pompe envoyant à chaque coup de piston de nouvelles vapeurs dans le condenseur, la pression y augmente de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle ait atteint la valeur de la tension maxima de la vapeur du liquide volatil employé dans la machine, à la température à laquelle est maintenu ce condenseur. A partir de ce moment, les vapeurs qui continuent à être refoulées par la pompe repassent à l'état liquide dans ce dernier récipient, en abandonnant leur chaleur latente de vaporisation, laquelle doit être enlevée constamment par l'eau qui circule autour de l'appareil.

A chaque coup de piston, le condenseur reçoit donc une quantité de liquide égale à celle qui se vaporise dans le frigorigère.

Comme la température, et par suite la pression sont toujours plus élevées dans le condenseur que dans le frigorigère, on utilise cette différence de pression pour faire rentrer dans ce dernier appareil une quantité de liquide égale à celle qui s'en échappe sous forme de vapeurs. Cette rentrée du liquide est réglée au moyen d'un robinet que l'on ouvre plus ou moins.

Le fonctionnement de la machine est ainsi continu et l'on peut produire du froid d'une manière régulière.

La quantité de froid produite est proportionnelle au poids du liquide évaporé et, par suite, à la puissance de la pompe.

Les machines à gaz liquéfiés, comparées aux machines à air, présentent deux avantages importants : elles sont plus actives et leur rendement est plus élevé. Cette activité plus grande est due à ce que la chaleur spécifique des vapeurs employées dans ces machines est plus élevée que celle de l'air. Si nous considérons, par exemple, l'acide sulfureux, qui n'est pas cependant le composé le plus avantageux que l'on puisse employer, il faudrait faire passer dans les cylindres d'une machine à air environ 4.000 mètres cubes d'air pour produire le même froid qu'avec 1 mètre cube d'acide sulfureux liquide.

Le rendement des machines à gaz liquéfiés est plus considérable que celui des machines à air, parce que le travail de compression est bien moindre dans les premières que dans les secondes et parce que les machines à gaz liquéfiés, présentant un volume beaucoup plus faible, donnent lieu à des pertes moindres.

Toutefois, il faut remarquer que le rendement de ces dernières machines diminue dans les pays chauds, à mesure que la température de l'eau qui circule autour du condenseur, et par suite la température de ce récipient, est plus élevée, tandis que le rendement des machines à air n'est pas sensiblement modifié par le climat.

Les principaux liquides dont on fait usage dans les machines à gaz liquéfiés sont : l'éther ordinaire, l'éther méthylique, l'acide sulfureux, le gaz ammoniac, le chlorure de méthyle et l'acide carbonique.

Machines à éther ordinaire. — L'éther a été le premier liquide volatil employé pour les machines frigorifiques. Il se vaporise à 35 degrés sous la pression ordinaire de l'atmosphère ; sa chaleur latente de vaporisation est

faible, de 90 calories seulement; ce qui conduit à donner à la machine des dimensions assez considérables.

L'éther n'exige pas une pression élevée pour sa liquéfaction, et c'est le motif qui l'avait fait adopter dans les premières machines à glace; mais en cas de fuites, il présente de graves inconvénients à cause de sa grande inflammabilité et des dangers résultant de son inhalation.

Les machines à éther sont dues à M. Carré.

Une pompe aspirante et foulante fait le vide dans le congélateur et comprime les vapeurs d'éther dans le condenseur. La pression dans le congélateur est ordinairement de 0^m,30 de mercure et la température peut s'y abaisser à — 30 degrés. Ce congélateur est constitué par un faisceau tubulaire, dans lequel se trouve l'éther liquide, plongé dans une dissolution incongelable.

La dépense de travail dans la pompe dépend de la température de l'eau du réfrigérant, car il faut d'autant moins comprimer les vapeurs d'éther, pour les liquéfier, que la température est plus basse.

Si le condenseur est maintenu à 10 degrés, on estime qu'un cheval-vapeur peut produire 3.000 calories négatives; mais si cet appareil est à 20 degrés, un cheval-vapeur ne produira que 600 calories négatives.

Machines à éther méthylique. — L'éther méthylique, employé dans les machines frigorifiques par M. Tellier, est obtenu en faisant agir à 120 degrés l'acide sulfurique concentré sur l'alcool méthylique.

L'éther méthylique bout à — 30 degrés sous la pression ordinaire de l'atmosphère. Sa chaleur latente de vaporisation est de 200 calories environ, bien supérieure, comme on le voit, à celle de l'éther ordinaire.

Ses tensions de vapeur aux différentes températures ont été déterminées par M. Tellier :

TEMPÉRATURES		TENSIONS		TEMPÉRATURES		TENSIONS	
—		—		—		—	
Degrés.		Atmosph.		Degrés.		Atmosph.	
— 20		1,50		+ 10		3,75	
— 15		2,00		+ 15		4,25	
— 10		2,25		+ 20		4,75	
— 5		2,50		+ 25		5,00	
0		2,75		+ 30		5,25	
+ 5		3,25					

Les machines à éther méthylique présentent les mêmes dispositions générales que celles à éther ordinaire. Toutefois, la grande volatilité du produit qu'elles contiennent nécessite certaines dispositions spéciales.

La pompe comprime les vapeurs dans le condenseur à une pression de 7 à 8 atmosphères pour déterminer leur liquéfaction, l'eau servant à la réfrigération étant à une température de 12 à 15 degrés.

L'éther méthylique n'attaque ni le fer, ni le bronze, mais il est facilement inflammable.

Machines à acide sulfureux. — Dans ces machines, dues à M. R. Pietet, on emploie comme liquide volatil l'acide sulfureux anhydre.

Cet acide est obtenu en réduisant l'acide sulfurique par le soufre à une température d'environ 400 degrés.

Il faut employer 6 kilogrammes d'acide sulfurique à 66° B. et 1 kilogramme de soufre pour produire 6 kilogrammes d'acide sulfureux.

L'acide sulfureux liquéfié bout à — 10 degrés sous la pression atmosphérique ordinaire. Sa chaleur latente de vaporisation est de 91 calories.

D'après Regnault, cet acide est liquide aux températures de :

— 20 degrés, — 10° 0° + 10° + 20° + 30°,

sous les pressions de :

0^{mm},63 1^{mm},03 1^{mm},52 2^{mm},26 3^{mm},24 4^{mm},51.

Les machines Pictet comprennent les mêmes organes que les autres machines à gaz liquéfiés.

Une pompe à double effet, aspirante et foulante, aspire les vapeurs d'acide sulfureux produites dans le frigorifère à la pression de 0^{mm},4, les comprime à la pression de 2 atmosphères et les refoule dans le condenseur, où se produit la liquéfaction.

Pour refroidir le gaz et par suite pour diminuer le travail à développer pour la compression, on fait circuler de l'eau froide, non seulement dans la double enveloppe du corps de pompe, mais encore à l'intérieur du piston et de sa tige.

Le condenseur, dans lequel se liquéfie l'acide sulfureux refoulé par la pompe, se compose de deux cylindres verticaux concentriques; le plus grand est parcouru de bas en haut par l'eau qui produit le refroidissement; le plus petit, fermé à ses deux extrémités, est tubulaire et reçoit l'acide sulfureux qui circule de haut en bas. Les tubes qui traversent le petit cylindre dans toute sa longueur sont également parcourus par le courant d'eau froide.

Un robinet régleur, placé entre le condenseur et le frigorifère, permet d'obtenir dans des proportions convenables l'écoulement de l'acide sulfureux liquide, dont l'évaporation dans le frigorifère détermine la production du froid.

Le frigorifère se compose de deux cylindres horizontaux parallèles de 0^m,45 de diamètre, réunis par un grand nombre de tubes en U de 0^m,04. Cet ensemble est installé à l'intérieur d'une caisse remplie d'un liquide incongelable.

Le frigorifère doit toujours être rempli d'acide sulfureux liquide jusqu'au tiers environ de la hauteur des deux cylindres horizontaux. Le robinet qui livre passage à ce liquide venant du condenseur doit être réglé en conséquence.

Les deux cylindres du frigorifère sont reliés par un tuyau aux soupapes d'aspiration de la pompe, qui, produisant une dépression à la surface du liquide, détermine sa rapide volatilisation et par suite abaisse la température du liquide incongelable dans lequel est plongé le frigorifère.

Le liquide incongelable qui entoure le frigorifère est une dissolution de chlorure de magnésium. Cette dissolution est animée d'un mouvement continu par le jeu d'une hélice placée à l'une des extrémités de la cuve.

A, pompe de compression. — B, piston compresseur. — C, tuyau d'aspiration de l'acide sulfureux gazeux. — D, tuyau de refoulement de l'acide sulfureux gazeux. — E, réfrigérant. — F, cuve de congélation. — G, hélice pour agiter le bain incongélable. — H, Moultes à glace. — I, condenseur vertical. — K, robinet de réglage. — L, robinet d'arrivée de l'eau de réfrigération dans le condenseur. — M, sortie de l'eau de réfrigération. — N, tuyau de retour de l'acide sulfureux liquide. — O, manomètre d'aspiration. — P, manomètre de compression.

D'après M. Pictet, ces machines donneraient un rendement d'environ 2.500 calories négatives par cheval-heure indiqué.

L'acide sulfureux n'est pas inflammable comme les liquides dont nous avons parlé précédemment, mais s'il se trouve en présence d'air humide, il se transforme très rapidement en acide sulfurique, qui amènerait une prompte détérioration des appareils.

Il est facile de calculer la quantité d'acide sulfureux qu'il est nécessaire d'employer pour obtenir une production de froid déterminée.

Supposons qu'il s'agisse d'une production de froid évaluée à 10.000 calories négatives, et que l'eau utilisée dans le condenseur soit à la température de + 10 degrés.

La chaleur latente de vaporisation de l'acide sulfureux est 91 ; à l'état liquide, sa chaleur spécifique est environ 0,25. Comme la liquéfaction est produite dans le condenseur à la température de + 15 degrés et que l'acide sulfureux liquide est à — 10 degrés dans le frigorigère, le nombre de calories utilisables dans ce dernier appareil par kilogramme d'acide se trouve approximativement égal à $91 - (25 \times 0,25) = 84,75$. Le poids d'acide sulfureux qu'il convient d'employer est égal à $\frac{10.000}{84,75}$, soit 118 kilogrammes.

On calculerait d'une manière analogue les poids des différents liquides dont on fait usage dans les machines frigorifiques. Ainsi, on trouverait que, pour produire comme précédemment 10.000 calories négatives, il faudrait employer 120 kilogrammes d'éther et 45 kilogrammes d'ammoniaque.

Machines à gaz ammoniaque liquéfié. — La production du froid dans ces machines provient de la détente continue du gaz ammoniaque liquéfié, ramené ensuite à l'état liquide par compression.

Le gaz ammoniaque est obtenu facilement en chauffant la solution ammoniacale du commerce. Pour se liquéfier aux températures ordinaires, ce gaz n'exige pas des pressions considérables.

Les tensions de liquéfaction de ce gaz aux différentes températures sont les suivantes :

TEMPÉRATURES	TENSIONS	TEMPÉRATURES	TENSIONS
—	—	—	—
Degrés.	Atmosph.	Degrés.	Atmosph.
— 30	1,14	+ 15	7,12
— 25	1,45	+ 20	8,40
— 20	1,83	+ 25	9,80
— 15	2,28	+ 30	11,44
— 10	2,82	+ 35	13,08
— 5	3,45	+ 40	15,29
0	4,19	+ 45	17,38
+ 5	5,00	+ 50	19,98
+ 10	6,02		

Sa chaleur latente de vaporisation est de 313 calories d'après M. Ledoux, et de 500 calories d'après M. Lightfoot. Cette chaleur latente considérable en fait un corps d'une puissance frigorifique énergique.

En employant pour le condenseur de l'eau à $+ 20$ degrés, il suffira de faire passer dans la pompe 3 litres de gaz ammoniac par calorie négative utilisée au frigorifère.

Le gaz ammoniac n'est pas inflammable. Comme en présence de l'air, il attaque le cuivre, il faut proscrire ce métal dans la construction des machines à ammoniac.

Dans les machines à gaz ammoniac liquéfié, système Fixary, une pompe de compression aspire le gaz dans le frigorifère et le refoule dans le condenseur. Cette pompe se compose de deux corps verticaux. Chacun d'eux est à simple effet et porte à la partie supérieure une soupape d'aspiration et une de refoulement. Le gaz ammoniac ne pénètre donc qu'au-dessus des pistons, ce qui permet de maintenir constamment au-dessus d'eux une couche d'huile minérale lourde de quelques millimètres. De cette façon, lorsque les pistons parviennent à la partie supérieure de leur course, l'huile remplit tous les espaces nuisibles, soulève les soupapes en les lubrifiant et refoule dans le condenseur la totalité du gaz aspiré.

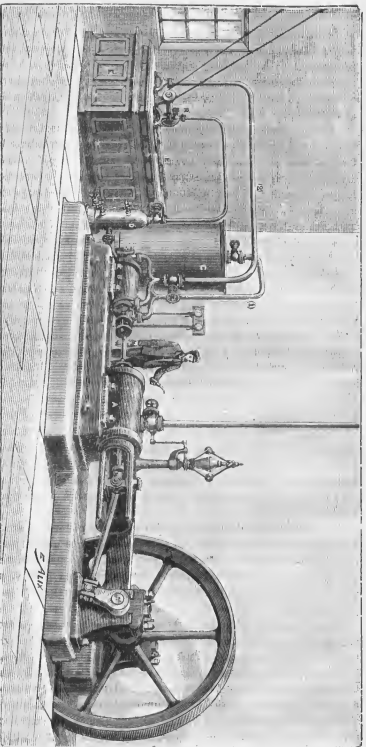
Au-dessous de chaque piston, on a ménagé un espace libre, que l'on nomme chambre d'huile, constamment rempli, jusqu'à une certaine hauteur, d'huile lourde minérale. Les pistons, au bas de leur course, plongent dans cette huile, s'en imprègnent et peuvent ainsi lubrifier les corps de pompe.

Ces chambres d'huile communiquent latéralement avec une capacité ménagée entre les deux corps de pompe, qui forme comme une sorte de cloche au-dessus de la couche d'huile, et qui porte le nom de chambre d'équilibre. A la partie supérieure de cette chambre est placée une soupape qui, lorsqu'elle se soulève, met en communication l'intérieur de cette chambre avec les soupapes d'aspiration de la pompe.

Grâce à cette disposition, le gaz ammoniac, qui a pu s'infiltrer entre les pistons et les corps de pompe, arrive d'abord dans les chambres d'huile, puis de là dans la chambre d'équilibre. Lorsque ce gaz y a atteint la pression qui correspond à celle de l'aspiration, soit 1 atmosphère à 1 atmosphère et demie, la soupape de cette dernière chambre se soulève et le gaz est aspiré dans les corps de pompe.

De cette façon, les fuites de gaz à travers les pistons ne sont pas perdues. D'autre part, la soupape précédente se soulevant dès que la pression dans la chambre d'équilibre et les chambres d'huile est un peu supérieure à 1 atmosphère, les presse-étoupes, traversés par les tiges des pistons, ne supportent qu'une pression très faible, suffisante cependant pour empêcher les rentrées d'air par ces organes.

En outre, pour éviter les fuites extérieures par les presse-étoupes, chaque tige de piston est entourée sur une certaine longueur d'une gaine, qui n'est que le prolongement de la chambre à huile correspondante et remplie de la même huile. Cette gaine est placée au centre d'une capacité annulaire qui reçoit constamment une petite quantité de gaz ammoniac liquéfié. Comme cette capacité communique avec le tuyau d'aspiration de la pompe, l'ammoniac, en se vaporisant, produit un froid suffisant pour que l'huile contenue dans la gaine se trouve figée. Ce système de joint hermétique et lubrifiant est désigné sous le nom de joint pâteux.



Le cylindre à vapeur A actionne directement le compresseur à double effet B, lequel refoule le gaz ammoniac à travers la conduite (1) dans les serpentin du condenseur C, où il se liquéfie sous la pression du compresseur et sous l'action de l'eau en circulation. L'ammoniac liquéfié est recueilli dans le récipient D et amené au robinet détenteur R, d'où elle pénètre dans les serpentins du congélateur E; là, elle repasse à l'état gazeux en produisant un froid intense. Du congélateur E, le gaz détendu revient par la conduite d'aspiration (2), au compresseur B, pour être de nouveau refoulé dans le condenseur C et refoulé dans une circulation continue.

Le gaz ammoniac, refoulé par la pompe, avant de se rendre au condenseur, traverse un épurateur, ou séparateur d'huile, destiné à retenir l'huile de graissage qu'il a entraînée.

Cet épurateur est constitué par un récipient vertical à l'intérieur duquel sont disposés plusieurs cylindres concentriques en toile métallique à mailles fines.

Le gaz ammoniac arrive au centre du récipient et passe au travers des toiles qui retiennent les gouttelettes d'huile en suspension. Cette huile se réunit à la partie inférieure du récipient, d'où elle peut être retirée en ouvrant un robinet disposé à cet effet. Par suite de la pression qui existe dans l'épurateur, l'huile est chassée par un petit conduit dans le tuyau d'aspiration de la pompe, où elle sera de nouveau utilisée pour le graissage des pistons.

Le gaz ammoniac, après avoir traversé le séparateur d'huile, se rend au condenseur, qui se compose de trois serpentins en fer concentriques, renfermés dans une bache cylindrique que parcourt un courant ascendant d'eau froide.

Sous l'influence de la pression intérieure qui existe dans les serpentins et de l'abaissement de température résultant de l'immersion de ceux-ci dans le courant d'eau froide, l'ammoniaque arrive liquéfiée à la partie inférieure du condenseur et se réunit dans un récipient cylindrique à parois très résistantes.

C'est de ce récipient que l'ammoniaque se rend au robinet régulateur qui permet de la distribuer aux serpentins du frigorigère, dans lesquels elle se gazéifie, en empruntant sa chaleur latente de vaporisation au bain incongelable qu'elle refroidit.

Suivant les cas, ces serpentins sont disposés soit dans une caisse renfermant un liquide incongelable mis en mouvement par une hélice, soit dans une chambre que traverse l'air envoyé par un ventilateur et destiné à rafraîchir une enceinte quelconque.

Comme machines à gaz ammoniac liquéfié, nous citerons encore les machines de Linde, d'Osenbruck, de Mertz, de Kilbourn, de Lavergne, de Puplett, de Wood et Richmond, qui ne diffèrent des machines Fixary que par des détails de construction.

Machines au chlorure de méthyle. — Le chlorure de méthyle est obtenu facilement aujourd'hui dans l'industrie, en décomposant par la chaleur le chlorhydrate de triméthylamine. Il entre en ébullition à la température de — 23 degrés sous la pression atmosphérique.

Ses tensions de vapeur sont les suivantes :

TEMPÉRATURES	TENSIONS	TEMPÉRATURES	TENSIONS
—	—	—	—
Degrés.	Kilogr.	Degrés.	Kilogr.
— 23	1,00	+ 25	5,60
0	2,48	+ 30	6,50
+ 15	4,11	+ 35	7,50
+ 20	4,80		

C'est un corps neutre, à odeur douce, peu altérable, n'attaquant pas les métaux. Il est inflammable, mais moins que l'éther.

M. Vincent a eu l'idée d'employer le chlorure de méthyle pour des machines frigorifiques. Ces machines présentent des dispositions très analogues à celles des machines Fixary.

La pompe, qui aspire dans le frigorigère les vapeurs de chlorure de méthyle, est composée de deux cylindres verticaux conjugués, dans chacun desquels se meut un piston à simple effet, et disposés à l'intérieur d'une bûche pleine d'eau.

Ces pistons, dont les tiges, traversant des presse-étoupes disposés à la partie inférieure des cylindres, sont articulés aux bielles motrices, compriment les vapeurs seulement par leur face supérieure.

Entre les deux cylindres se trouve une capacité, communiquant avec la partie inférieure de chacun d'eux, dans laquelle se rendent les vapeurs provenant des fuites des pistons. Ces vapeurs sont enlevées par la pompe, un petit conduit reliant le tuyau d'aspiration de celle-ci avec la capacité en question.

Le fond des deux cylindres est recouvert d'une couche de glycérine, qui sert de corps lubrifiant et permet d'éviter les fuites par les stuffing-box.

Les vapeurs refoulées par la pompe se rendent au condenseur, constitué par deux serpentins concentriques dans lesquels la circulation se fait simultanément et d'un réservoir central où s'accumule le chlorure de méthyle liquéfié. Le tout est renfermé dans un réservoir en tôle parcouru par un courant ascendant d'eau froide.

Sous l'influence de la pression, le chlorure de méthyle sort du condenseur, traverse un robinet convenablement réglé, et se rend au frigorigère, formé également d'un double serpentin terminé par un récipient. Le tuyau d'aspiration de la pompe débouche à la partie supérieure de ce récipient : de la sorte, les vapeurs seules sont aspirées, le chlorure de méthyle, qui n'est pas encore vaporisé, occupant la partie inférieure de cette capacité.

La pression dans l'appareil varie suivant la température de l'eau qui circule autour du condenseur. Quand cette dernière est à 20 degrés, il faut compter sur une pression d'environ 4 à 5 kilogrammes.

Machines à acide carbonique. — L'acide carbonique est le plus énergique des produits volatils employés dans les machines frigorifiques. Il bout à -32 degrés sous la pression atmosphérique. Sa chaleur latente de vaporisation est de 51 calories, mais ses pressions de liquéfaction sont très élevées :

TEMPÉRATURES	PRESSION DE LIQUÉFACTION	TEMPÉRATURES	PRESSION DE LIQUÉFACTION
—	—	—	—
Degrés.	Atmosph.	Degrés.	Atmosph.
-30	10	$+10$	46
-20	22	$+15$	50
-15	25	$+20$	57
-10	28	$+30$	75
-5	33	$+40$	90
0	38	$+45$	100

Dans la pratique, les machines à acide carbonique fonctionnent entre des pressions limites de 20 atmosphères à l'aspiration et de 70 atmosphères à la compression, parfois même de 90 atmosphères.

L'acide carbonique liquide est fabriqué industriellement par la réaction de l'acide sulfurique sur le carbonate de chaux. Il est livré au commerce dans des cylindres en acier. C'est un liquide incolore, de densité égale à 0,9, flottant sur l'eau comme de l'huile sans s'y mélanger. Il n'attaque pas sensiblement les métaux employés dans la construction des machines, mais en raison des pressions élevées qu'il y possède, les machines doivent présenter une grande résistance, et il est difficile d'y maintenir les joints bien étanches.

Dans la machine de Windhausen, la pompe de compression se compose d'un cylindre vertical dans lequel se meut un piston plein. Ce cylindre est rempli de glycérine et communique par sa partie inférieure avec un second cylindre qui porte sur son fond supérieur les soupapes d'aspiration et de refoulement. Le mouvement de va-et-vient du piston fait alternativement descendre et monter le niveau de la glycérine dans ce dernier cylindre, et produit ainsi l'aspiration et le refoulement de l'acide carbonique. Ce gaz, comprimé à une pression de 70 à 80 atmosphères, se liquéfie dans le serpentin qui forme le condenseur et qui est refroidi par un courant d'eau circulant de bas en haut. L'acide carbonique liquéfié traverse un robinet régleur et se rend dans le frigorigère, qui est également constitué par un serpentin plongé dans un liquide incongelable et s'y volatilise. Les vapeurs qui s'y forment, refroidies à -15 degrés, y conservent encore une pression de 23 atmosphères. Ces vapeurs reviennent à la soupape d'aspiration de la pompe.

Afin d'activer le refroidissement, on assure le renouvellement continu des liquides au contact des serpentins du condenseur et du frigorigère, au moyen d'agitateurs à ailettes montés sur des axes verticaux animés d'un mouvement de rotation.

A puissance frigorifique égale, les compresseurs des machines à acide carbonique sont, d'après M. Windhausen, respectivement 50, 35 et 15 fois moindres que ceux des machines à éther, à acide sulfureux et à ammoniaque.

MACHINES A ABSORPTION

Dans les machines à absorption ou à affinité, brevetées en 1860 par M. Ferdinand Carré, on chauffe dans un appareil clos la dissolution ammoniacale du commerce. Le gaz ammoniac, qui s'en dégage en proportion considérable, sous l'influence de la pression à laquelle il se trouve soumis, va se liquéfier dans un condenseur, refroidi par une circulation d'eau. De ce condenseur, le gaz ammoniac liquéfié se rend dans le frigorigère, où il repasse à l'état gazeux, en absorbant la chaleur latente nécessaire à son changement d'état, et par suite en produisant du froid. Au sortir du frigorigère, le gaz ammoniac se rend dans un vase plein d'eau ou absorbeur, où il se dissout et reforme une dissolution ammoniacale que l'on renvoie à l'aide d'une pompe dans la chaudière, et ainsi de suite indéfiniment.

Cette pompe, qui ramène l'ammoniaque de l'absorbeur à la chaudière, est le

seul organe mécanique de l'appareil, et son travail est très faible. L'affinité de l'eau pour le gaz ammoniac tient lieu de l'aspiration mécanique dans les machines à compression, et le chauffage direct de la solution ammoniacale remplace l'action du refoulement de la pompe.

Comme la densité d'une solution ammoniacale est moindre que celle de l'eau pure, le liquide contenu dans la chaudière n'a pas partout la même composition : vers le bas, se trouve une solution très pauvre en ammoniac, dont on se sert pour alimenter l'absorbeur, c'est-à-dire pour dissoudre le gaz venant du frigorigère. Mais la solution sortant de la chaudière est très chaude ; il faudra donc la refroidir avant de l'envoyer à l'absorbeur. A cet effet, on lui fait traverser un *échangeur de température*, dans lequel circule en sens inverse le liquide riche en ammoniac retournant de l'absorbeur à la chaudière.

Les machines, construites aujourd'hui par MM. Rouart frères, comprennent une chaudière verticale, chauffée soit à feu nu, soit mieux par un serpentín de vapeur, à une température de 130 degrés ; la pression s'y élève à 8 ou 10 atmosphères. Cette chaudière est munie d'un indicateur de niveau, d'un manomètre et d'une soupape de sûreté. Le liquide ne remplit que la moitié inférieure de la chaudière ; la partie supérieure porte une série de plateaux, analogues à ceux des colonnes distillatoires. La dissolution ammoniacale, venant de l'absorbeur, pénètre dans la chaudière par la partie supérieure, coule de plateau en plateau, en s'échauffant au contact des vapeurs qui se dégagent du liquide de cette chaudière. Sous l'influence de la chaleur, le gaz ammoniac, que contenait en dissolution le liquide des plateaux, se dégage en majeure partie, sort de la chaudière et se rend au réfrigérant, formé d'un serpentín, plongé dans une bache cylindrique parcourue de bas en haut par un courant d'eau froide. Là, sous l'influence de la température basse du serpentín et de la pression élevée, qui est celle de la chaudière, le gaz ammoniac se liquéfie.

L'ammoniacque liquide se réunit dans un petit réservoir, muni d'un tube de niveau, qui permet de contrôler le bon fonctionnement de l'appareil. De ce réservoir, l'ammoniacque liquéfiée traverse un robinet de réglage et se rend dans le serpentín du frigorigère, où, par suite de la faible pression qui y existe, elle repasse à l'état gazeux en déterminant un grand abaissement de température.

Pour utiliser le froid produit, ce serpentín est disposé dans une chambre que traverse l'air à refroidir, ou bien il est immergé dans une cuve contenant une dissolution de chlorure de calcium, dont la température pourra être maintenue à — 15 ou — 20 degrés.

Pour obtenir dans le serpentín du frigorigère la faible pression, dont nous parlons plus haut, cet appareil est mis en communication avec un vase, l'absorbeur, contenant une certaine quantité du liquide très pauvre en ammoniac, qui sort d'une manière continue par la partie inférieure de la chaudière et qui a été préalablement refroidi.

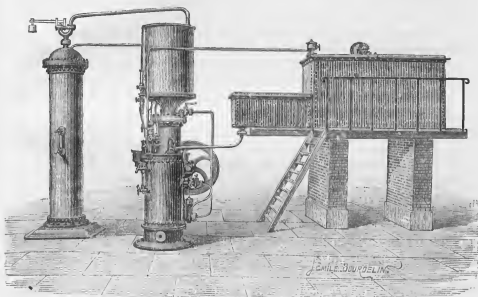
Au contact de cette eau froide, le gaz ammoniac venant du serpentín du frigorigère est immédiatement absorbé, de sorte que la pression dans cette partie de l'appareil est seulement de 4 à 4^{mm},5.

Mais comme l'absorption du gaz ammoniac par l'eau est accompagnée d'un grand dégagement de chaleur, si l'on veut maintenir cette basse pression et

assurer la dissolution continue du gaz, il faut s'opposer à l'élévation de température de l'absorbeur, et dans ce but, ce vase est traversé par un faisceau tubulaire, à l'intérieur duquel circule de bas en haut un courant d'eau froide.

A mesure que le liquide se sature de gaz ammoniac dans l'absorbeur, il est aspiré par une pompe qui le refoule à la partie supérieure de la chaudière, en lui faisant traverser l'échangeur de température.

Ce dernier organe est constitué par un vase cylindrique, dans l'intérieur duquel est disposé un serpentín. Celui-ci est parcouru de haut en bas par le liquide pauvre qui sort de la chaudière pour alimenter l'absorbeur. La solution concentrée, refoulée par la pompe, se rend à la chaudière en circulant de bas en haut autour du serpentín. De cette façon, la solution ammoniacale s'échauffe aux dépens de la chaleur que possédait le liquide sortant de la chaudière et qui doit être refroidi pour pouvoir être utilisé dans l'absorbeur.



Machine à absorption de MM. Rouart frères.

Cet échange de chaleur permet de réduire d'une part la consommation d'eau froide dans l'absorbeur, et d'autre part le nombre de calories à fournir à la chaudière, d'où une double économie.

Les dispositions de la chaudière dont nous avons parlé plus haut, notamment les plateaux que l'on y a installés, ont pour but d'éviter autant que possible l'entraînement de l'eau par le gaz ammoniac. La vaporisation de cette eau augmenterait inutilement la quantité de chaleur qu'il faut fournir à la chaudière; en second lieu, la présence de cette eau dans le frigorigène diminuerait la puissance frigorifique de l'ammoniaque.

Comme il est nécessaire d'absorber deux fois la chaleur latente de vaporisation de l'ammoniaque, une fois au condenseur et une autre fois dans l'absor-

beur, la quantité d'eau qu'exigent pour la réfrigération les machines à affinité est environ le double de celle employée par les machines à compression.

Théoriquement les machines frigorifiques, reposant sur l'absorption ou l'affinité, doivent donner un meilleur rendement que les machines à compression, car, dans les premières, on économise en grande partie le travail absorbé par les résistances passives de la machine à vapeur et celles de la pompe de compression, que nécessitent les secondes.

Mais en pratique, différentes causes viennent atténuer la grande économie que présenteraient de ce fait les machines à absorption.

Il est impossible d'éviter complètement l'entraînement d'une certaine quantité d'eau par le gaz ammoniac sortant de la chaudière. Cette proportion d'eau est d'environ 3 p. 100; elle suffit pour abaisser très notablement le rendement théorique.

D'autre part la quantité de chaleur qu'il faut enlever au liquide de l'absorbant, pour que le gaz ammoniac puisse s'y dissoudre convenablement, augmente d'autant celle qu'il faut communiquer à la chaudière.

Ces deux causes de perte suffisent à elles seules pour augmenter beaucoup la chaleur que nécessiterait théoriquement le fonctionnement de ces machines.

Il existe d'autres machines à ammoniac dont le principe est exactement le même que celui des machines précédentes et qui n'en diffèrent que par quelques détails de construction. Ce sont les machines de MM. Imbert frères et celles de MM. Pontifex et Wood.

En pratique, on peut considérer comme rendement maximum des machines frigorifiques une production de 20 à 22 kilogrammes de glace par kilogramme de charbon brûlé.

Ce rendement paraît pouvoir être atteint avec les machines à absorption; il est moindre pour les machines à compression et surtout pour les machines à air.

Ces diverses machines exigent des quantités d'eau très différentes pour absorber la chaleur provenant de la compression ou de l'absorption du gaz dont on fait usage.

On pourra en juger par les chiffres du tableau suivant qui représentent la consommation par heure de l'eau, supposée à 40 degrés et évaluée en hectolitres pour des machines frigorifiques de différents types, capables de produire 500 kilogrammes de glace à l'heure :

TYPE ET NATURE DE LA MACHINE	CONSOMMATION D'EAU
	en hectolitres.
	Hect.
Pietet (compression d'acide sulfureux)	150
Linde (compression du gaz ammoniac)	60
Fixary id. id.	100
Imbert (absorption du gaz ammoniac)	150
Vincent (compression du chlorure de méthyle)	150
Giffard (Machine à air)	300

On voit que les machines à compression d'ammoniac sont celles qui consomment le moins d'eau et les machines à air celles qui en exigent le plus.

Nous avons supposé l'eau à 10 degrés; si elle est à une température plus élevée, on admet par 2 degrés d'élévation de température de l'eau une augmentation de 5 p. 100 dans la consommation de cette eau. Cette proportionnalité, toutefois, ne se maintient pas pour les températures dépassant celle de 10 degrés d'une manière trop notable : il y a même certaines machines qui ne fonctionnent que difficilement dans les pays chauds.

La dépense de force motrice est aussi très différente pour les divers types de machines frigorifiques. Nous donnons pour quelques-unes de ces machines les forces motrices, évaluées en chevaux, qu'elles exigent :

TYPES	QUANTITÉ DE GLACE produite à l'heure.	
	100 kil.	1000 kil.
	Chev.	Chev.
Rouart (affinité).	1	»
Imbert id.	2	»
Fixary (compression).	3	35
Linde id.	3	35
Pictet id.	6	53

Lorsque les machines frigorifiques doivent être employées au refroidissement de l'air, pour pouvoir déterminer *a priori* la puissance de la machine que l'on devra employer, il faudra, connaissant le volume d'air à refroidir par heure, calculer la quantité de chaleur à lui enlever pour l'amener de sa température initiale à celle que l'on désire.

On pourra à cet effet se servir du tableau suivant indiquant le nombre de calories contenues dans 1 mètre cube d'air saturé à différentes températures depuis — 10 degrés jusqu'à + 40 degrés :

TEMPÉRATURES	TENSION de la VAPEUR D'EAU en millimètres.	UN MÈTRE CUBE D'AIR SATURÉ CONTIENT				SOMME des CALORIES
		EN GRAMMES		EN CALORIES		
		Air sec.	Vapeur.	Dues à l'air sec.	Dues à la vapeur.	
— 10°	2,0	1337	2,2	83,33	1,94	85,27
0	4,6	1285	4,9	83,14	4,36	87,50
+ 10	9,2	1232	9,4	82,63	8,46	91,09
+ 20	17,4	1177	17,1	81,75	15,56	97,31
+ 30	31,5	1117	30,1	80,20	27,69	107,89
+ 40	54,9	1046	50,7	77,59	46,50	124,09

Il est évident que l'on trouvera ainsi des nombres de calories trop considérables, parce que l'air n'est jamais saturé d'humidité. Mais d'autre part il est des causes de pertes dont il est difficile de tenir compte. Aussi est-il souvent plus sûr d'avoir recours aux chiffres donnés par la pratique, dont le tableau ci-dessous fournira quelques exemples :

Aux		QUANTITÉS D'AIR, EXPRIMÉES EN MÈTRES CUBES, REFROIDIES PAR HEURE PAR DES MACHINES PRODUISANT PAR HEURE LES QUANTITÉS DE GLACE SUIVANTES :							
Températures		25 à 30 kilogrammes.	50 à 65 kilogrammes.	100 à 125 kilogrammes.	200 à 250 kilogrammes.	300 à 350 kilog.	500 kilogrammes.	1.000 à 1 200 kilogrammes.	1.500 à 2.000 kilogrammes.
Degrés.									
De 30 à	40	750 à 850	1.800 à 2.500	3.000 à 3.600	7.200 à 7.500	10.500	15.000 à 18.000	30.000 à 35.000	50 000 à 60 000
De 15 à	5	1.000 à 1.500	2.200 à 2.400	4.000 à 4.800	9.600 à 10.000	14.000	20.000 à 24.000	40.000 à 48 000	65 000 80.000
De 5 à	0	1.800 à 2.000	3.600 à 4 000	7.200 à 8.000	16.000 à 18 000	24.000	36 000 à 40.000	72.000 à 80.000	120.000 à 144.000
De 5 à	— 40	500	1.000	2.000	4.000	6.000	40 000	20.000	30.000
De 5 à	— 5	750	1 500	3 000	7.500	10 000	15.000	30 000	60.000

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
HISTORIQUE	1
<i>Principes sur lesquels reposent les procédés de conservation des substances alimentaires</i>	3
Dessiccation	4
Antiseptiques	4
Chaleur	5
Froid	6
Conclusions	6
<i>Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur leur dessiccation.</i>	7
Conservation des viandes	7
Conservation des légumes	8
Conservation des fruits	9
Biscuit-viande	9
Tablettes de bouillon	10
Extrait de viande de Liebig	11
<i>Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur l'action du sel marin</i>	13
Conservation des viandes	13
Conservation du poisson	17
Conservation des légumes	17
Emploi du sucre comme agent de conservation	18
<i>Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur l'action des agents antiseptiques</i>	19
Conservation des viandes et du poisson	19
Emploi de l'alcool	21
Emploi du vinaigre	21
Emploi d'autres substances antiseptiques	21
Emploi de l'acétate de soude	22
Emploi de l'acide borique et du borax	22
Emploi de l'acide sulfureux et des sulfites	23
Emploi de l'acide phénique et de l'acide salicylique	23
Emploi de l'oxyde de carbone	23
Emploi de l'air comprimé	24
Emploi de l'acide carbonique sous pression	24
<i>Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur la destruction des germes par la chaleur et le maintien à l'abri de l'air des produits ainsi stérilisés</i>	26
Procédé Appert	26

	Pages.
Viandes concentrées et comprimées.	30
Conditions que doivent remplir les boîtes employées pour les conserves Appert. . .	30
Conserves de légumes.	31
Reverdissage des légumes.	31
Conservation du lait.	32
Procédé de M. de Lignac.	33
Conservation des poissons.	34
Procédé de Sweeny.	36
Enrobage des viandes.	36
<i>Procédés de conservation des substances alimentaires fondés sur l'action du froid.</i>	38
Conservation des viandes.	38
Expériences faites pendant l'Exposition de 1889	45
Expériences de Billancourt	46
Description de l'appareil adopté par la Commission	48
Entrepôts frigorifiques des abattoirs de Genève.	50
Entrepôt installé à Paris	53
Dispositions adoptées par MM. Rouart frères.	55
Transport en Europe des viandes de l'Amérique du Sud, de l'Australie, etc.	56
Avantages que présente la conservation des viandes par le froid.	60
Conservation des fruits, des légumes, des poissons.	68
Conservation du lait.	68
MACHINES FRIGORIFIQUES	71
<i>Machines à air.</i>	<i>71</i>
Machine Giffard	72
Machine Bell et Coleman.	76
Machine de Hall	76
<i>Machines à gaz liquéfiés par compression.</i>	<i>79</i>
Machine à éther ordinaire.	80
Machine à éther méthylique	81
Machine à acide sulfureux.	81
Machine à gaz ammoniac liquéfié	84
Machine au chlorure de méthyle	87
Machine à acide carbonique.	88
<i>Machines à absorption.</i>	<i>89</i>
Machine à ammoniac de MM. Rouart frères	90

